

**PROYEK AKHIR TERAPAN (RC146599)**

**STUDI PERBAIKAN TANAH DENGAN METODE  
INJECTION PILE PADA TAXIWAY BANDARA  
SOEKARNO-HATTA (STUDI KASUS 0+520 - STA  
0+540 DAN STA 0+960 - STA 0+980)**

**DYAH AYU RAHMAWATI C**  
NRP 10111410000091

**DOSEN PEMBIMBING:**  
Prof. Dr. Ir. Indarto,DEA  
NIP 19501011 198203 1 002

**DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA 2018**



**PROYEK AKHIR TERAPAN (RC146599)**

**STUDI PERBAIKAN TANAH DENGAN METODE  
INJECTION PILE PADA TAXIWAY BANDARA  
SOEKARNO-HATTA (STUDI KASUS 0+520 - STA  
0+540 DAN STA 0+960 - STA 0+980)**

**DYAH AYU RAHMAWATI C**  
**NRP 10111410000091**

**DOSEN PEMBIMBING:**  
**Prof. Dr. Ir. Indarto,DEA**  
**NIP 19501011 198203 1 002**

**DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL**  
**FAKULTAS VOKASI**  
**INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER**  
**SURABAYA 2018**



**APPLIED FINAL PROJECT (RC146599)**

**STUDY OF LAND REPAIRING WITH INJECTION  
PILE METHOD ON TAXIWAY SOEKARNO-  
HATTA AIRPORT (CASE OF STUDY STA 0+520  
- STA 0+540 AND STA 0+960 - STA 0+980)**

**DYAH AYU RAHMAWATI C**  
**NRP 10111410000091**

**SUPERVISOR LECTURE:**  
**Prof. Dr. Ir. Indarto,DEA**  
**NIP 19501011 198203 1 002**

**DEPARTMENT OF CIVIL INFRASTRUCTURE ENGINEERING**  
**FACULTY OF VOCATIONAL**  
**SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY**  
**SURABAYA 2018**

## LEMBAR PENGESAHAN

### **STUDI PERBAIKAN TANAH DENGAN METODE INJECTION PILE PADA TAXIWAY BANDARA SOEKARNO-HATTA (STUDI KASUS 0+520 – STA 0+540 DAN STA 0+960 – STA 0+980)**

#### **TUGAS AKHIR TERAPAN**

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Sains Terapan  
pada

Program Studi Diploma IV  
Departemen Teknik Infrastruktur Sipil  
Fakultas Vokasi  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Surabaya,

Disusun oleh:



**Dyah Ayu Rahmawati C**

NRP 10111410000091



Disetujui oleh:  
Pembimbing Tugas Akhir Terapan :

30 JUL 2018

**Prof. Dr. Ir. Indarto, DEA**

NIP 19501011 198203 1 002





**BERITA ACARA**  
**TUGAS AKHIR TERAPAN**  
PROGRAM STUDI DIPLOMA EMPAT TEKNIK SIPIL  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI ITS

No. Agenda :  
041523/IT2.VI.8.1/PP.05.02/2018

Tanggal : 16 Juli 2018

Judul Tugas Akhir Terapan	Studi Perbaikan Tanah Dengan Metode Injection Pile Pada Taxiway Bandara Sukarno - Hatta ( Studi Kasus STA 0+520 - STA 0+540 Dan STA 0+960 - 0+980 )		
Nama Mahasiswa	Dyah Ayu Rahmawati C.	NRP	10111410000091
Dosen Pembimbing 1	Prof. Dr. Ir. Indarto, DEA NIP 19501011 198203 1 002	Tanda tangan	
Dosen Pembimbing 2	NIP -	Tanda tangan	

URAIAN REVISI	Dosen Penguji
1. <u>1. Gambar - revisi referensi</u>	 Prof. Dr. Ir. Indarto, DEA NIP 19501011 198203 1 002
2. <u>2. Lay out - perencanaan tanah</u>	
3. <u>3. Data Plaxis - masukkan laapiran</u>	 M. Khoiri, ST. MT. PhD NIP 19740626 200312 1 001
4. <u>4. Mekanika -</u>	
5. <u>5. Proses - spy sitampillan Beton Pswt/Me</u>	 Dr. M. Muntaha, ST., MT. NIP 19740211 199802 1 001
6. <u>6. Kx, Ky / tany</u>	
7. <u>7. Perbaikan Skenario Catatan</u>	
8. <u>8. Cara Baca - N</u>	
9. <u>9. Metode - pelaksanaan</u>	
10. <u>10. Lay out - gambar</u>	
11. <u>11. Daya Dukung tias kelompok / tunggal</u>	
	NIP -

Persetujuan Hasil Revisi			
Dosen Penguji 1	Dosen Penguji 2	Dosen Penguji 3	Dosen Penguji 4
 Prof. Dr. Ir. Indarto, DEA NIP 19501011 198203 1 002	 M. Khoiri, ST. MT. PhD NIP 19740626 200312 1 001	 Dr. M. Muntaha, ST., MT. NIP 19740211 199802 1 001	NIP -

Persetujuan Dosen Pembimbing Untuk Penjilidan Buku Laporan Tugas Akhir Terapan	Dosen Pembimbing 1	Dosen Pembimbing 2
	 Prof. Dr. Ir. Indarto, DEA NIP 19501011 198203 1 002	
		NIP -



**KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI**  
**INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER**

**FAKULTAS VOKASI**  
**DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL**  
 Kampus ITS, Jl. Menur 127 Surabaya 60116  
 Telp. 031-5947637 Fax. 031-5938025  
<http://www.dipomasiipil-sts.itb.ac.id>

**ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN**

**Nama** : 1 Dyah Ayu Rahmawati C 2  
**NRP** : 1 101141000091 2  
**Judul Tugas Akhir** : Studi Perbaikan Tanah dengan Metode Injection Pile Pada Taxiway Bandara Soekarno - Hatta  
 (Studi Kasus STA 0+520 - STA 0+540 dan STA 0+960 - STA 0+980)  
**Dosen Pembimbing** : Prof. Dr. Ir. Indarto, DEA.

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
1.	15 Februari 2018	- Periksa Kedalaman tanah maksimum - Cori NPT maksimum - <i>Korasi</i>	<i>[Signature]</i>			
2.	22 Februari 2018	Konsultasi : - melengkapi data STA yang di tanyai untuk pengecekan parameter. - beban taxiway (pesawat dan lapisan perkerasan)	<i>[Signature]</i>	B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.	15 Maret 2018	- Menghitung manual untuk kapasitas pile per meternya - Korelasi permeability, Angka Por Hubungan dengan SPT.	<i>[Signature]</i>	B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4		- <i>Kapasitas tunggal</i> - <i>Konsolidasi</i>	<i>[Signature]</i>	B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	23 Maret 2018	- Menghitung Kapasitas Pile tunggal per 1 meter - Pengecekan hitungan manual dengan Perhitungan Plaxis	<i>[Signature]</i>	B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6.	28 Maret 2018	- Resume Konsolidasi, Kapasitas tang tunggal (Manual dan plaxis), Hitung total beban Per meter (ditentukan kapasitas pile brp) - Mencari diameter per meter	<i>[Signature]</i>	B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**Ket.**  
 B = Lebih cepat dari jadwal  
 C = Sesuai dengan jadwal  
 K = Terlambat dari jadwal



**KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI**  
**INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER**

**FAKULTAS VOKASI**  
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
 Kampus ITS, Jl. Menur 127 Surabaya 60116  
 Telp. 031-5947637 Fax. 031-5938025  
<http://www.diplomasipil-its.ac.id>

**ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN**

**Nama** : 1 Dyah Ayu Rahmawati C **2**  
**NRP** : 1 10111410000091 **2**  
**Judul Tugas Akhir** : Studi Perbaikan Tanah dengan Metode Injection Pile Pada Taxiway Bandara Soekarno - Hatta (Studi Kasus STA 0+520 - STA 0+540 dan STA 0+960 - STA 0+980)  
**Dosen Pembimbing** : Prof. Dr. Ir. Indarto, DEA

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
7.	11 April 2018	Koreksi parameter data tanah (Undrained dan drained)				
		Mengaplikasikan parameter data tanah ke Dongle Plaxis 2D → Konsolidasi		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8.	18 April 2018	Pemodelan titik BH-07 pada Plaxis 2D (Konsolidasi)		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9.	25 April 2018	Pemodelan pile group pada Plaxis 2D		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	02 Mei 2018	Mengetahui nilai penurunan total pada hasil pemodelan di Plaxis 2D		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	09 Mei 2018	Mengetahui nilai Pmax pada Kurva → plaxis 2D		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	16 Mei 2018	Membuat Pemodelan tiang tunggal → plaxis 2D (Penurunan dan Pmax)		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	23 Mei 2018	Menyusun Laporan hasil dari Perhitungan dan analisa hasil Penurunan pada plaxis 2D (Bab 4, Bab 5, dan Bab 6).		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10.	30 Mei 2018			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**Ket.**  
 B = Lebih cepat dari jadwal  
 C = Sesuai dengan jadwal  
 K = Terlambat dari jadwal



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI  
**INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER**  
 FAKULTAS VOKASI  
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
 Kampus ITS, Jl. Menur 127 Surabaya 60116  
 Telp. 031-5947637 Fax. 031-5938025  
<http://www.diplomasipil-its.ac.id>

### ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

**Nama** : 1 Dyah Ayu Rahmawati C 2  
**NRP** : 1 10111410000091 2  
**Judul Tugas Akhir** : Studi Perbaikan Tanah dengan Metode Injection Pile Pada Taxiway Bandara Soekarno - Hatta (Studi Kasus STA 0+520 - STA 0+540 dan STA 0+960 - STA 0+980)  
**Dosen Pembimbing** : Prof. Dr. Ir. Indarto, DEA.

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
11.	08 Juni 2018	Revisi Laporan Bab 1, 2, dan 3.	<i>[Signature]</i>			
12.	14 Juni 2018	Menghitung pile equivalent (plate) → metode pendekatan Manual	<i>[Signature]</i>	B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13.	20 Juni 2018	Pemodelan pile equivalent (plate) pada Plaxis 2D V. 8.6 dan Plaxis 2D V. 2015	<i>[Signature]</i>	B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14.	28 Juni 2018	Revisi bab 5 (hasil dan pembahasan) dan kesimpulan <del>dan</del>	<i>[Signature]</i>			
15.	5 Juli 2018	Revisi laporan TA	<i>[Signature]</i>	B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
16.	10 Juli 2018	Revisi laporan TA	<i>[Signature]</i>			
				B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Ket :  
 B = Lebih cepat dari jadwal  
 C = Sesuai dengan jadwal  
 K = Terlambat dari jadwal

# **STUDI PERBAIKAN TANAH DENGAN METODE *INJECTION PILE* PADA TAXIWAY BANDARA SOEKARNO-HATTA.**

**(STUDI KASUS STA 0+520 – STA 0+540 DAN STA  
0+960 – STA 0+980)**

**Dosen Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Indarto, DEA**  
**NIP : 19501011 198203 1 002**  
**Nama Mahasiswa : Dyah Ayu Rahmawati Cupasindy**  
**NRP : 10111410000091**

## **ABSTRAK**

Bandara Soekarno-Hatta, yang berlokasi di Cengkareng, Tangerang Banten yang masuk dalam Proyek Connection NP1-Secondary Apron. Landasan sisi udara (*taxiway*) Bandar Udara tersebut mempunyai sifat atau karakteristik tanah yang lunak, sehingga memerlukan perbaikan tanah (*soil improvement*). Mengatasi penurunan pada kondisi tanah lunak di Bandara Soekarno-Hatta, diperlukan perbaikan tanah, kalau tidak dikhawatirkan akan terjadi kegagalan dalam perkerasan landasan sisi udara (*taxiway*) Bandar Udara tersebut. Perbaikan tanah ini menggunakan metode *Injection Pile*.

Tahapan metode *Injection Pile* diawali dengan mengumpulkan data tanah serta parameter tanah. Selanjutnya menghitung daya dukung tiang tunggal pada kondisi tanah yang ada secara manual sesuai dengan rumus hitungan. Tiang tunggal dan tiang kelompok dimodelkan pada *Plaxis 2D V.8.6* dan *Plaxis 2D V.2015*. Pemodelan tiang tunggal dimodelkan pada model tanah *axisymmetry* sedangkan pemodelan tiang kelompok dimodelkan pada model tanah *plane strain*. Pemodelan tiang kelompok pada *Plaxis 2D V.8.6* terdiri dari pemodelan dengan *plate* dan *Plaxis 2D V.2015* terdiri dari pemodelan dengan *plate*



sebagai metode pendekatan serta pemodelan dengan *embedded beam rows*.

Perhitungan daya dukung tiang tunggal pada N-SPT 60 kedalaman 28m mendapatkan nilai  $Q_s$  sebesar 226.08 kN, nilai  $Q_p$  sebesar 7912.80 kN dan nilai  $Q_u$  sebesar 8138.95 kN. Kapasitas maksimum untuk tiang tunggal pada pemodelan *Plaxis 2D* adalah sebesar 124.5 kN/m<sup>2</sup>. Penurunan tanah yang terjadi dari hasil pemodelan pada *Plaxis 2D* untuk tiang kelompok dengan *plate* adalah sebesar 0.01406 m dan 0.01657 m. Penurunan tanah yang terjadi dari hasil pemodelan pada *Plaxis 2D* untuk tiang kelompok keseluruhan 100 m dengan *embedded beam rows* adalah sebesar 1.617 cm sedangkan pada tiang kelompok sebagian 40 m dengan *embedded beam rows* adalah sebesar 2.375 cm.

**Kata kunci :** *Taxiway, Soil Improvement, Injection Pile.*

# **STUDY OF LAND REPAIRING WITH INJECTION PILE METHOD ON TAXIWAY SOEKARNO-HATTA AIRPORT (CASE OF STUDY STA 0+520 – STA 0+540 AND STA 0+960 – STA 0+980)**

**Supervisor Lecture** : Prof. Dr. Ir. Indarto, DEA  
**NIP** : 19501011 198203 1 002  
**Student Name** : Dyah Ayu Rahmawati Cupasindy  
**NRP** : 10111410000091

## **ABSTRACT**

*Soekarno – hatta airports, that located at cengkareng Tangerang Banten which is included in Connection NPI-Secondary Apron project. The taxiway of the airport has a soft soil characteristic, thus requiring soil improvement. Solving the weak soil from consolidation in Soekarno – Hatta airports, soil improvement is required, otherwise there will be a failure in the airport's runway. This soil improvement using the Injection Pile method.*

*The stages of the Injection Pile method begins with collecting data and soil parameters. And then calculate the carrying capacity of single pole on existing soil conditions manually according to the calculation formula. Single pole and group poles are modeled on Plaxis 2D V.8.6 and Plaxis 2D V.2015. Single pole modeling is modeled on axisymmetry soil model while modeling of group pole is modeled on plane strain ground model. Group pole modeling in Plaxis 2D V.8.6 consists of modeling with plate and Plaxis 2D V.2015 consisting of modeling with plate as an approach and modeling method with embedded beam rows.*

*The calculation of single pole bearing capacity on N-SPT 602taht has 28m depth get  $Q_s$  value of 226.08 kN,  $Q_p$  value equal to 7912.80 kN and  $Q_u$  value equal to 8138.95 kN. Maximum*

*capacity for single pole on Plaxis 2D modeling is 124.5 kN / m<sup>2</sup>. The decrease of soil occurring from the modeling result in Plaxis 2D for group pole with plate is 0.01406 m and 0.01657m. The decrease in soil occurring from the modeling results in Plaxis 2D for the whole group mast 100 m with embedded beam rows was 1,617 cm while in the parent group partial 40 m with embedded beam rows was 2,375 cm.*

***Keywords: Taxiway, Soil Improvement, Injection Pile.***



## KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan syukur kehadiran Allah SWT, atas rahmat dan hidayah-Nya Proposal Tugas Akhir Terapan saya yang berjudul “Studi Perbaikan Tanah dengan Metode *Injection Pile* pada Taxiway Bandara Soekarno-Hatta (Studi Kasus STA 0+520 – STA 0+540 dan STA 0+960 – STA 0+980)” dapat tersusun serta terselesaikan dengan baik dan kami dapat mempresentasikan pada Sidang Tugas Akhir Terapan.

Tugas Akhir Terapan ini merupakan salah satu syarat akademis pada departemen Teknik Infrastruktur Sipil Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Tujuan dari penulisan Tugas Akhir Terapan ini agar mahasiswa dapat memahami serta mengetahui langkah kerja dalam permodelan perbaikan dan perkuatan tanah.

Tersusunnya Laporan Proyek Akhir ini tidak lepas dari bantuan serta bimbingan orang sekitar. Dalam kesempatan ini kami mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu penyusunan Proyek Akhir ini, yaitu :

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Indarto, DEA selaku dosen pembimbing dalam tugas akhir terapan saya.
2. Orang Tua dan Keluarga kami yang telah memberi dorongan baik moril maupun materil yang tak terhingga, sehingga kami dapat menyelesaikan Tugas Akhir Terapan ini.
3. Rekan – rekan mahasiswa Departemen Teknik Infrastruktur Sipil ITS Surabaya yang telah banyak membantu penyelesaian Tugas Akhir Terapan ini.
4. Seluruh pihak yang secara langsung ataupun tidak langsung telah membantu kami dalam menyelesaikan proyek akhir kami, yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Surabaya, 30 Juli 2018

Penulis

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	i
ABSTRAK .....	ii
ABSTRACT .....	iv
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI .....	vii
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR TABEL .....	xiii
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Maksud dan Tujuan.....	4
1.4 Batasan Masalah .....	4
1.5 Manfaat Penulisan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Taxiway.....	5
2.1.1 Pengertian Taxiway.....	5
2.1.2 Struktur Perkerasan Taxiway .....	5
2.2 Pengertian Tanah.....	8
2.3 Tanah Lunak .....	9
2.3.1 Ciri – ciri Tanah Lunak .....	10
2.4 Stabilisasi Tanah dan Perbaikan Tanah.....	13
2.4.1 Stabilisasi Tanah.....	13
2.4.2 Perbaikan Tanah .....	13
2.5 Tiang Pancang.....	15
2.5.1 Metode Pemancangan Tiang Pondasi.....	16
2.5.2 Pemancangan Sistem Injeksi (Injection Pile) .....	16

2.5.3	Metode Injection Pile Memiliki Kelebihan dan Kekurangan .....	18
2.6	Daya Dukung Tiang .....	19
2.6.1	Perhitungan Daya Dukung Tiang Berdasarkan Meyerhof 1976 .....	19
2.6.2	Kapasitas Daya Dukung Aksial .....	20
2.7	Efisiensi Tiang Group (Kelompok Tiang) .....	21
2.8	Penurunan (Settlement) .....	22
2.8.1	Penurunan Tiang Kelompok .....	22
2.8.2	Penurunan Konsolidasi .....	24
2.9	Faktor Keamanan .....	27
2.10	Kekuatan Geser Tanah .....	28
2.10.1	Kriteria Keruntuhan Menurut <i>Mohr-Coulomb</i> ....	28
2.11	Software Geoteknik ( <i>Plaxis 2D</i> ) .....	30
BAB III METODOLOGI .....		33
3.1	Bagan Alir Metodologi .....	33
3.2	Pengumpulan Data .....	35
3.3	Studi Literatur .....	37
3.4	Parameter Tanah dan Korelasi N-SPT .....	37
3.4.1	Korelasi N-SPT terhadap nilai konsistensi suatu tanah .....	37
3.4.2	Korelasi N-SPT terhadap nilai $C_u$ .....	39
3.4.3	Korelasi N-SPT terhadap nilai $\phi$ .....	40
3.4.4	Korelasi N-SPT terhadap nilai modulus elastisitas tanah .....	41
3.4.5	Korelasi N-SPT terhadap nilai overconsolidated ratio, OCR .....	43

3.4.6	Korelasi N-SPT terhadap nilai Adhesion Factor	44
3.4.7	Korelasi N-SPT terhadap nilai Permeability	45
3.5	Pemodelan Tiang Tunggal dengan Menggunakan <i>software</i> geoteknik ( <i>PLAXIS 2D</i> )	48
3.5.1	Langkah-langkah Pemodelan Daya Dukung Tiang Tunggal dengan <i>Plaxis 2D</i>	49
BAB IV DATA DAN ANALISA TANAH		51
4.1	Data Tanah	51
4.2	Analisa Parameter Tanah	51
4.2.1	Parameter Tanah Titik Bore Log	51
4.2.2	Parameter Timbunan Tanah Pasir	54
4.2.3	Parameter Perkerasan	54
4.3	Data Spesifikasi Bahan	55
4.3.1	Data Spun Pile	55
4.4	Data Beban	55
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN		65
5.1	Perhitungan Daya Dukung Tiang Pancang	65
5.1.1	Hasil Perhitungan Tahanan Geser Selimut Tiang Pancang pada Titik BH-07	66
5.1.2	Hasil Perhitungan Tahanan Geser Selimut Tiang Pancang pada Titik BH-08	70
5.1.3	Hasil Perhitungan Daya Dukung Ujung Tiang Pancang pada Titik BH-07	72
5.1.4	Hasil Perhitungan Tahanan Geser Selimut Tiang Pancang pada Titik BH-08	75
5.1.5	Perhitungan Kapasitas Daya Dukung Aksial pada Titik BH-07	78

5.1.6	Perhitungan Kapasitas Daya Dukung Aksial pada Titik BH-08 .....	82
5.2	Pemodelan Penurunan Konsolidasi pada Plaxis 2D .....	86
5.2.1	Pemodelan Tanpa Stabilisasi dengan Plaxis 2D V. 8.6 ..	87
5.2.2	Pemodelan Tanpa Stabilisasi dengan Plaxis 2D V. 2015	91
5.2.3	Analisa Hasil Pemodelan Penurunan Konsolidasi .....	92
5.3	Pemodelan Tiang Tunggal pada <i>Plaxis 2D</i> .....	92
5.3.1	Geometri Simulasi Tiang Tunggal.....	92
5.3.2	Input Parameter Tanah Tiang Tunggal pada <i>Plaxis 2D</i> ..	93
5.4	Pemodelan Tiang Kelompok pada <i>Plaxis 2D (Plate)</i> .....	102
5.4.1	Konsep Metode Pendekatan dengan <i>Plate</i> .....	102
5.4.2	Hasil Perhitungan Plate .....	102
5.4.3	Pemodelan <i>Plate</i> dengan <i>Plaxis 2D ver. 8.2</i> .....	103
5.5	Pemodelan Tiang Kelompok pada <i>Plaxis 2D</i> .....	107
5.5.1	Geometri Simulasi Tiang Kelompok Keseluruhan (100M) pada <i>Plaxis 2D ver. 2015</i> .....	107
5.5.2	Geometri Simulasi Tiang Kelompok Sebagian (40M) pada <i>Plaxis 2D ver. 2015</i> .....	116
5.6	Perbandingan Tanpa Stabilisasi dengan Stabilisasi ( <i>Injection Pile</i> ).....	122
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN.....		125
6.1	Kesimpulan.....	125
6.2	Saran.....	126
DAFTAR PUSTAKA.....		127
BIODATA PENULIS.....		129

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Penampang Perkerasan Lentur .....	6
Gambar 2.2 Kondisi Tanah Lunak .....	9
Gambar 2.3 Nilai-nilai Batas Atterberg Untuk Subkelompok Tanah .....	12
Gambar 2.4 Pondasi Tiang Pancang dengan sistem Injection.....	17
Gambar 2.5 Load Distribution beneath pile group in layered soil formation .....	24
Gambar 2.6 Penurunan Konsolidasi .....	25
Gambar 2.7 Garis keruntuhan menurut Mohr dan hukum keruntuhan dari Mohr-Coulomb.....	29
Gambar 2.8 Lingkaran Mohr dan garis keruntuhan .....	30
Gambar 2.9 Perbedaan Model Plane strain dan axi simetri.....	32
Gambar 3.2 Titik SPT (Bor Log) di Eastcross .....	36
Gambar 3.3 Nilai Adhesion Factor, $su$ .....	44
Gambar 4.1 Konfigurasi Roda Pendaratan Untuk Pesawat Roda Tandem Ganda .....	60
Gambar 5.1 Konfigurasi Tiang Pancang pada Taxiway.....	65
Gambar 5.2 Lapisan tanah untuk penurunan konsolidasi.....	87
Gambar 5.3 Tahap Generate Mesh.....	88
Gambar 5.4 Tahap Closed Consolidation Boundary.....	88
Gambar 5.5 Tahap Calculate .....	89
Gambar 5.10. (a) Geometri simulasi tiang tunggal Plaxis 2D ver. 8.6 (b) Geometri simulasi tiang tunggal Plaxis 2D ver.2015 .....	96
Gambar 5.11 (a) Pemodelan tiang tunggal pada Plaxis 2D ver. 8.6 (b) Pemodelan tiang tunggal pada Plaxis 2D ver. 2015 .....	97
Gambar 5.12 (a) Geenerated Mesh Plaxis 2D ver. 8.6(b) Flow Generated Mesh Plaxis 2D ver. 2015.....	98
Gambar 5.13 (a) Flow Conditions Plaxis 2D ver. 8.6 (b) Flow Conditions Plaxis 2D ver.2015.....	99

Gambar 5.22 Geometri simulasi profil tanah sesuai dengan data BH-07 .....	111
Gambar 5.23 Pemodelan Embedded Beam Row pada geometri simulasi tiang kelompok.....	112
Gambar 5.24 (a) Geenerated Mesh dan (b) Flow Conditions....	113
Gambar 5.27 Geometri simulasi profil tanah sesuai dengan data BH-07 .....	117
Gambar 5.28 Pemodelan Pile pada geometri simulasi tiang kelompok.....	118
Gambar 5.29 (a) Geenerated Mesh dan (b) Flow Conditions....	120

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Ketebalan minimum lapisan pondasi .....	7
Tabel 3.2 Konsistensi Tanah Untuk Tanah Dominan Lanau dan Lempung.....	39
Tabel 3.3 Pedoman Memprakirakan Harga $\phi$ Dari Harga N-SPT .....	40
Tabel 3.4 Nilai Perkiraan Modulus Elastisitas Tanah .....	42
Tabel 4.1 Parameter Tanah Titik BH-07 .....	53
Tabel 4.2 Parameter Tanah Titik BH-08 .....	53
Tabel 5.1 Perhitungan Tahanan Geser Selimut Tiang Pancang pada Titik BH-07 .....	68
Tabel 5.2 Perhitungan Tahanan Geser Selimut Tiang Pancang pada Titik BH-08 .....	71
Tabel 5.3 Perhitungan Daya Dukung Ujung Tiang pada Titik BH-07 .....	74
Tabel 5.4 Perhitungan Daya Dukung Ujung Tiang pada Titik BH-08.....	77
Tabel 5.5 Perhitungan Kapasitas Daya Dukung Aksial pada Titik BH-07 .....	80
Tabel 5.6 Perhitungan Kapasitas Daya Dukung Aksial pada Titik BH-08.....	84
Tabel 5.8 Profil tanah dan parameter tanah BH-07 pada Tiang Tunggal PLAXIS 2D.....	93
Tabel 5.9 Perhitungan Tiang Tunggal pada <i>Plaxis</i> 2D.....	100
Tabel 5.11 Perhitungan Pemodelan Plate dengan <i>Plaxis</i> 2D.....	104
Tabel 5.11 Profil tanah dan parameter tanah BH-07 pada Tiang Kelompok <i>Plaxis</i> 2D .....	107
Tabel 5.12 Perhitungan Pemodelan <i>Embedded Beam Row</i> pada 100m.....	114
Tabel 5.13 Perhitungan Kapasitas Daya Dukung Aksial pada Titik BH-07 .....	121





(Halaman ini sengaja dikosongkan)

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Undang-Undang Nomer 15 Tahun 1992 tentang Penerbangan dan Peraturan Pemerintah Nomer 70 tahun 2001 tentang Kebandarudaraan. Bandar udara adalah lapangan terbang yang dipergunakan untuk mendarat dan lepas landas pesawat udara, naik turun penumpang, dan/atau bongkar muat kargo dan/atau pos, serta dilengkapi dengan fasilitas keselamatan penerbangan dan sebagai tempat perpindahan antar moda. Bandara Soekarno-Hatta, yang berlokasi di Cengkareng, Tangerang Banten dibangun pada tahun 1984 dan beroperasi pada tahun 1985, merupakan bandara terbesar dan tersibuk di Indonesia. Kapasitas Bandar Udara International Soekarno-Hatta terbatas sehingga tidak mampu melayani bertambahnya permintaan peningkatan frekuensi penerbangan. Oleh karena itu direncanakan beberapa tahap pengembangan fasilitas sisi udara salah satunya adalah pengembangan *taxiway* yang menghubungkan *runway* dan *apron*.

Dalam perencanaan pengembangan *taxiway*, dimulai pada bagian konstruksi yang memegang peran penting di lapangan adalah pekerjaan struktur bawah, baru kemudian melaksanakan pekerjaan struktur lain. Dengan begitu tanah sebagai pijakan dan dasar yang menerima semua beban yang ditimbulkan akibat dari bangunan konstruksi diatasnya. Kondisi tanah asli yang berupa tanah lunak tidak mencukupi kriteria yang disyaratkan untuk menjadi tanah dasar perkerasan pada perluasan *taxiway* pada Bandara Soekarno-Hatta.

Tanah lunak merupakan tanah kohesif yang terdiri dari sebagian besar butir-butir yang sangat kecil seperti

lempung atau lanau. Kondisi tanah lunak Bandara Soekarno-Hatta memiliki sifat yang mempunyai daya dukung tanah yang rendah dan penurunan. Data tanah lunak pada Bandara Soekarno-Hatta tersebut diuji dengan Tes Bor Log hingga kedalaman 40 meter. Pada data tanah BH-07 dengan STA 0+520 – STA 0+540 kedalaman 0 hingga 13 meter merupakan jenis tanah lempung berlanau, kedalaman 13 meter hingga 21,5 meter merupakan jenis tanah lempung pasir, dan kedalaman 21,5 meter hingga 40 meter merupakan jenis tanah pasir berkerikil. Sedangkan pada data tanah BH-08 dengan STA 0+960 – STA 0+980 pada kedalaman 0 hingga 16 meter merupakan jenis tanah lempung berlanau, kedalaman 16 meter hingga 22 meter merupakan jenis tanah lempung berlanau, dan kedalaman 22 meter hingga 40 meter merupakan jenis tanah pasir berkerikil. Oleh sebab itu, perlu dilakukan perbaikan tanah (*soil improvement*).

Perbaikan tanah (*soil improvement*) merupakan usaha yang dilakukan dengan tujuan untuk meningkatkan kualitas karakteristik tanah, daya dukung pada tanah, serta penurunan sesuai yang disyaratkan atau dipenuhi untuk mendukung pembebanan yang terjadi pada perkerasan *taxiway* bandara. Landasan sisi udara (*taxiway*) Bandara Soekarno-Hatta ini, digunakan sebagai objek studi dengan metode perbaikan tanah awal pengerjaannya dengan metode *Full Displacement Column*, yang dimodelkan dengan metode *Injection Pile* yang pelaksanaannya lebih cepat dan praktis serta bebas getaran dan kebisingan, daya dukungnya sangat kuat.

Menurut Panduan Geoteknik 4 Tentang Desain dan Kontruksi Timbunan Jalan pada Tanah Lunak, syarat penurunan (*settlement*) yang disyaratkan selama masa kontruksi >90% pada kelas jalan I dapat disyaratkan kecepatan penurunan setelah konsolidasi <20 mm/tahun. Pada Proyek *Connection NPI-Secondary Apron* Soekarno-

Hatta mempunyai syarat penurunan di buku RKS (Rencana Kerja dan Syarat-syarat) yaitu 10 mm/tahun.

Dari latar belakang yang diatas Tugas Akhir Terapan dengan Judul “**Studi Perbaikan Tanah dengan Metode *Injection Pile* Pada Taxiway Bandara Soekarno-Hatta (Studi Kasus STA 0+520 – STA 0+540 dan STA 0+960 – STA 0+980**”. Tugas akhir terapan ini dilakukan untuk melakukan studi kasus perbaikan pada *taxiway* bandara terutama dalam metode *Injection Pile* yang digunakan. Pemodelan tersebut meliputi menghitung daya dukung tanah, menghitung penurunan yang terjadi setelah dilakukan stabilisasi dengan tiang untuk pembebanan perkerasan *taxiway* yang disyaratkan, serta mengetahui hasil dimensi tiang, kedalaman tiang serta jarak antar tiang setelah dilakukan stabilisasi tersebut.

## 1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang yang telah diuraikan sebelumnya, maka rumusan masalah diuraikan sebagai berikut :

1. Berapa penurunan yang disyaratkan dalam *taxiway* ?
2. Bagaimana pemodelan perhitungan tanpa *Injection Pile* dalam *Plaxis 2D* ?
3. Bagaimana meningkatkan daya dukung tanah di *taxiway* dengan *Injection Pile* ?
4. Berapa diameter tiang, kedalaman tiang, dan jarak antar tiang yang dibutuhkan dengan kondisi tanah yang ada dengan metode *Injection Pile* ?
5. Bagaimana pemodelan perhitungan *Injection Pile* dalam software geoteknik ?
6. Apakah metode *Injection Pile* dapat diterapkan untuk meningkatkan daya dukung dan mengurangi penurunan?

### 1.3 Maksud dan Tujuan

Maksud dan tujuan dari penulisan tugas akhir terapan ini adalah merencanakan struktur perbaikan tanah yang meliputi :

1. Mengetahui penurunan yang disyaratkan dalam *taxiway*.
2. Mengetahui pemodelan perhitungan tanpa *Injection Pile* dalam *Plaxis 2D*.
3. Menghitung daya dukung tanah dengan metode *Injection Pile*.
4. Mendapatkan dimensi *Injection Pile* (diameter, kedalaman dan jarak) untuk kondisi tanah di daerah penelitian.
5. Memodelkan perhitungan *Injection Pile* dengan software geoteknik.
6. Mengetahui metode *Injection Pile* dapat diterapkan untuk meningkatkan daya dukung dan mengurangi penurunan.

### 1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah yang akan dibahas dalam penulisan tugas akhir terapan ini adalah :

1. Lokasi studi yang ditinjau adalah STA 0+520 – STA 0+540 dan STA 0+960 – STA 0+980.
2. Perhitungan penurunan dilakukan secara manual dan membandingkan dengan *software* geoteknik.

### 1.5 Manfaat Penulisan

Manfaat yang diharapkan dari penyusunan dari Tugas Akhir Terapan ini adalah untuk mendapatkan suatu gambaran yang tepat bila perbaikan bagi *taxiway* bila stabilisasi dengan *Injection Pile* dilakukan agar penurunan yang disyaratkan untuk *taxiway* dipenuhi.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Taxiway**

##### **1.1.1 Pengertian Taxiway**

Menurut SKEP/77/VI/2005 Tentang Persyaratan Teknis Pengoperasian Fasilitas Teknik Bandar Udara, Taxiway adalah bagian dari fasilitas sisi udara bandar yang dibangun untuk jalan keluar masuk pesawat dari landas pacu maupun sebagai sarana penghubung antara beberapa fasilitas seperti *aircraft parking position taxiline*, *apron taxiway*, dan *rapid exit taxiway*.

##### **1.1.2 Struktur Perkerasan Taxiway**

- **Menurut Peraturan SKEP/003/I/2005**

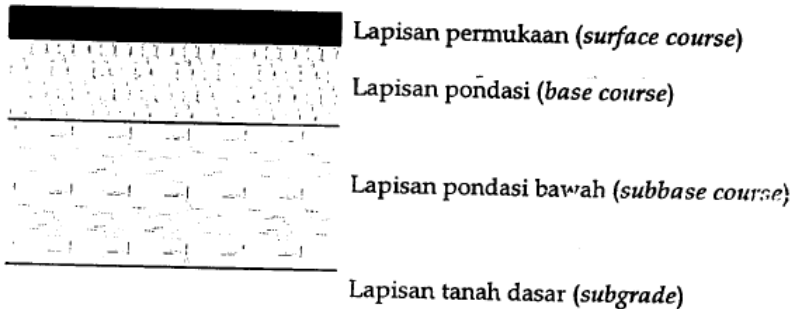
Menurut SKEP/003/I/2005 Tentang Pedoman Teknis Perancangan Rinci Konstruksi Landas Pacu (*Runway*), Landas Hubung (*Taxiway*), dan Landar Parkir (*Apron*) pada Bandar Udara di Indonesia. Struktur untuk perkerasan *runway* dan *apron* menggunakan *rigid pavement*, sedangkan struktur untuk perkerasan *taxiway* adalah *flexible pavement*.

1. Struktur Perkerasan Lentur (*Flexible*)

Struktur perkerasan lentur terdiri dari:

- Lapisan pondasi bawah (*subbase course*)
- Lapisan pondasi (*subbase*)
- Lapisan permukaan (*surface*)

Yang digelar diatas tanah dasar (*subgrade*) seperti ditunjukkan dalam gambar berikut.



**Gambar 2.1 Penampang Perkerasan Lentur**

*Sumber: SKEP/003/I/2005*

**I. Lapisan Pondasi Bawah (*Subbase Course*)**

- Pada daerah nonkritis, ketebalan lapisan pondasi bawah dapat diambil sebesar 90% dari perhitungan.
- Ketebalan total lapisan perkerasan yang didapatkan tidak boleh kurang dari ketebalan total lapisan perkerasan yang dibutuhkan oleh material standar dan nilai CBR *subbase* lebih >20%.

**II. Lapisan Pondasi (*Base Course*)**

- Ketebalan minimum dari lapisan pondasi harus mengacu pada tabel 2.1 berikut.



**Tabel 2.1 Ketebalan minimum lapisan pondasi**

Konfigurasi roda	Bobot maksimum (lbs)	Ketebalan minimum (mm)
roda tunggal	30 000 - 50 000	100
	50 000 - 75 000	150
roda ganda	50 000 - 100 000	150
	100 000 - 200 000	200
roda ganda Tandem	100 000 - 250 000	150
	250 000 - 400 000	200
B757 dan B767	200 000 - 400 000	150
DC-10	400 000 - 600 000	200
L1011	400 000 - 600 000	200
B747	400 000 - 600 000	150
	600 000 - 850 000	200

Sumber: SKEP/003/I/2005

- b) Pada daerah *nonkritis*, ketebalan lapisan pondasi dapat diambil sebesar 70% sampai dengan 90% dari hasil perhitungan, tetapi tidak boleh kurang dari ketebalan minimum lapisan pondasi.

### III. Lapisan Permukaan (*Surface Course*)

- Lapisan permukaan adalah aspal beton yang dibentuk dari *aggregate* bergradasi halus dan bitumen yang dicampurkan dalam keadaan panas (*hotmix*) dan dipadatkan di lapangan sehingga memberikan permukaan yang rata.
- Untuk area yang berhubungan dengan bahan bakar atau cairan kimia lainnya yang dapat merusak lapisan aspal beton permukaan, maka perlindungan dengan bahan-bahan yang tahan terhadap cairan kimia tersebut harus diberikan pada permukaan lapisan aspal beton.
- Ketebalan minimum untuk lapisan permukaan adalah 100mm pada daerah kritis dan 75mm pada daerah nonkritis. Kecuali pesawat terbang berbadan lebar ketebalan minimum

lapasan pada daerah kritis adalah 130mm dan 100mm pada daerah nonkritis.

- **Menurut RKS (Rencana Kerja dan Syarat-syarat) yang diterapkan pada Bandara Soekarno-Hatta**

Setelah dilakukan pekerjaan perbaikan struktur tanah sesuai RKS (Rencana Kerja dan Syarat-syarat) yang diterapkan di *Proyek Connection NPI-Secondary Apron Soekarno-Hatta*, kemudian dilakukan pekerjaan dengan tahapan :

**I. Lapisan Pondasi Bawah (*Subbase Course*)**

- a) Lapisan *Base B* dengan ketebalan 87.5 cm.
- b) Lapisan *Base A* dengan ketebalan 30 cm.

**II. Lapisan Pondasi (*Base Course*)**

- a) Lapisan CTBC (*Cement Treated Base Course*) dengan ketebalan 30 cm.

**III. Lapisan Permukaan (*Surface Course*)**

- a) Lapisan AC-BC (*Asphalt Concrete Binder Course*) dengan ketebalan 7 cm.
- b) Lapisan AC-WC (*Asphalt Concrete Wearing Course*) dengan ketebalan 5 cm.

## 2.2 Pengertian Tanah

Tanah didefinisikan sebagai material yang terdiri dari agregat (butiran) mineral-mineral padat yang tidak tersementasi (terikat secara kimia) satu sama lain dan dari bahan-bahan organik yang telah melapuk (yang berpartikel padat) disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong di antara partikel-partikel padat tersebut (*Braja M. Das, 1995*).

### 2.3 Tanah Lunak

Tanah lunak merupakan tanah kohesif yang terdiri dari sebagian besar butir-butir yang sangat kecil seperti lempung atau lanau. Tanah lunak dalam konstruksi seringkali menjadi permasalahan. Hal ini disebabkan oleh rendahnya daya dukung tanah tersebut. Daya dukung yang rendah dapat menyebabkan kerugian, mulai dari kerugian dari sisi biaya konstruksi yang semakin mahal, hingga terancamnya keselamatan konstruksi, yaitu struktur yang dibuat tidak mampu berdiri secara stabil dan bisa roboh. Permasalahan utama bila suatu pembangunan dibangun diatas tanah lunak adalah daya dukung dan penurunan (Bowles, 1979). Dalam menanggulangi permasalahan tersebut, maka diperlukan pekerjaan perbaikan tanah.



**Gambar 2.2 Kondisi Tanah Lunak**

*Sumber : Data Proyek Connection NPI-Secondary Apron  
Bandara Soekarno-Hatta*

Tanah lunak merupakan tanah kohesif yang terdiri dari sebagian besar butir-butir yang sangat kecil seperti lempung atau lanau. Menurut Terzaghi (1967) tanah lempung kohesif diklasifikasikan sebagai tanah lunak apabila mempunyai daya dukung lebih kecil dari 0,5 kg/cm<sup>2</sup> dan nilai *standard penetration test* lebih kecil dari 4 (N-

*value* < 4). Berdasarkan uji lapangan, tanah lunak secara fisik dapat diremas dengan mudah oleh jari-jari tangan. Menurut Toha (1989), sifat umum tanah lunak adalah memiliki kadar air 80-100%, batas cair 80-110%, batas plastis 30-45%, saat dites *sieve analysis*, maka butiran yang lolos oleh saringan no 200 akan lebih besar dari 90% serta memiliki kuat geser 20-40 kN/m<sup>2</sup>.

### **2.3.1 Ciri – ciri Tanah Lunak**

#### **1. Lanau (Silt)**

Tanah lanau memiliki kekuatan geser undrained yang rendah yaitu sekitar 10– 20 kPa untuk tanah lanau yang lunak dan 4 – 10 kPa untuk tanah lanau yang sangat lunak. Tingkat plastisitasnya rendah dan memiliki permeabilitas yang tinggi sehingga penurunan konsolidasi terjadi begitu cepat.

#### **2. Lempung (Clay)**

Tanah lempung memiliki tegangan geser dan permeabilitas yang rendah sekitar, namun plastisitas tanah lempung tinggi karena koefisien permeabilitas tanah lempung yang rendah, penurunan konsolidasi tanah lempung yang terjadi sangat lama.

#### **3. Tanah Organik (Tanah Gambut)**

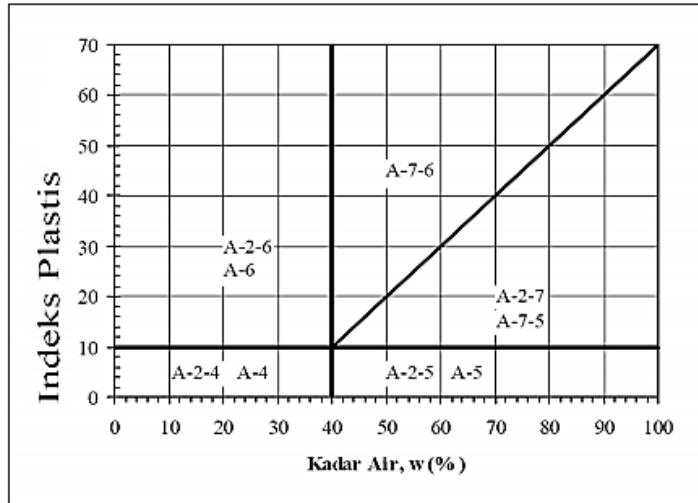
Tanah organik biasanya berbau tumbuhan atau kayu yang sudah membusuk. Tanah disebut tanah gambut bila tingkat organiknya mencapai lebih dari 75% dan memiliki kadar air alamiah yang sangat tinggi. Tanah gambut merupakan salah satu tanah yang sulit sekali untuk diperbaiki.

#### **4. Tanah Berpasir**

Pasir yang dalam keadaan lepas yang mempunyai nilai N-SPT kurang dari 10.

Sistem Klasifikasi AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Official*) membagi tanah ke dalam 8 kelompok, A-1 sampai A-7 termasuk sub-sub kelompok. Tanah yang diklasifikasikan ke dalam A-1, A-2, dan A-3 adalah tanah berbutir di mana 35 % atau kurang dari jumlah butiran tanah tersebut lolos ayakan No. 200. Tanah di mana lebih dari 35 % butirannya tanah lolos ayakan No. 200 diklasifikasikan ke dalam kelompok A-4, A-5 A-6, dan A-7. Butiran dalam kelompok A-4 sampai dengan A-7 tersebut sebagian besar adalah lanau dan lempung.

Tanah-tanah dalam tiap kelompoknya yang dihitung dengan rumus-rumus empiris. Pengujian yang digunakan hanya analisis saringan dan batas-batas Atterberg. Sistem klasifikasi AASHTO, dapat dilihat dalam Grafik pada Gambar 2.3.



**Gambar 2.3 Nilai-nilai Batas Atterberg Untuk Subkelompok Tanah**

*Sumber: Braja M. Das 1985, Mekanika Tanah*

Pada sistem klasifikasi AASHTO ini bermanfaat untuk menentukan kualitas tanah guna pekerjaan jalan yaitu lapis dasar (subbase) dan tanah dasar (subgrade). Sistem klasifikasi ini didasarkan pada kriteria di bawah ini :

1) Ukuran Butir

- Kerikil : bagian tanah yang lolos ayakan diameter 75 mm (3 in) dan yang tertahan pada ayakan No. 10 (2 mm).
- Pasir : bagian tanah yang lolos ayakan No. 10 (2 mm) dan yang tertahan pada ayakan No. 200 (0.075 mm).
- Lanau dan lempung : bagian tanah yang lolos ayakan No. 200.

## 2) Plastisitas

Nama berlanau dipakai apabila bagian-bagian yang halus dari tanah mempunyai indeks plastisitas (IP) sebesar 10 atau kurang. Nama berlempung dipakai apabila bagian-bagian yang halus dari tanah mempunyai indeks plastis indeks plastisitasnya 11 atau lebih.

## 3) Batuan dengan ukuran lebih besar dari 75 mm di temukan di dalam contoh tanah yang akan ditentukan klasifikasi tanahnya, maka batuan tersebut harus dikeluarkan terlebih dahulu. Tetapi, persentase dari batuan yang dileluarkan tersebut harus dicatat.

## 2.4 Stabilisasi Tanah dan Perbaikan Tanah

### 2.4.1 Stabilisasi Tanah

Stabilisasi tanah adalah alternatif yang dapat diambil untuk memperbaiki sifat-sifat tanah yang ada. Pada prinsipnya stabilisasi tanah merupakan suatu penyusunan kembali butir-butir tanah agar lebih rapat dan saling mengunci. Tanah dibuat stabil agar jika ada beban yang lewat, tidak terjadi penurunan (*settlement*). Tanah dasar minimal harus bisa dilewati kendaraan proyek. Stabilisasi tanah adalah usaha untuk meningkatkan stabilitas dan kapasitas daya dukung tanah. Menurut *Bowles* (1984) apabila tanah yang terdapat di lapangan bersifat sangat lepas atau sangat mudah tertekan, atau apabila mempunyai indeks konsistensi yang tidak sesuai, permeabilitasnya yang terlalu tinggi, atau sifat lain yang tidak diinginkan sehingga tidak sesuai untuk suatu proyek pembangunan, maka tanah tersebut harus distabilisasikan.

### 2.4.2 Perbaikan Tanah

Menurut Keputusan Direktur Jenderal Perhubungan Udara SKEP/003/I/2005 Tentang Pedoman Teknis

Perancangan Rinci Konstruksi Landas Pacu (*Runway*), Landas Hubung (*Taxiway*), dan Landas Parkir (*Apron*) Pada Bandar Udara Di Indonesia.

- Perbaikan tanah lunak dengan metode stabilisasi
 

Stabilisasi tanah lunak pada lapisan yang dangkal dapat dilakukan dengan metode pemadatan atau dengan menambahkan bahan stabilisasi.

  - 1) Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam pelaksanaan pemadatan tanah adalah :
    - Menghamparkan bahan secara merata dan tipis.
    - Mengatur kadar air bahan secara tepat.
    - Memilih mesin pemadat yang cocok untuk mendapatkan hasil pemadatan yang baik.
    - Menghindarkan lapangan pekerjaan dari penggenangan atau infiltrasi air hujan.
  - 2) Bahan stabilisasi yang biasa digunakan untuk perbaikan tanah adalah semen, aspal dan kapur/lime
  - 3) Penentuan bahan stabilisasi untuk beberapa jenis tanah dapat mengacu pada ketentuan perbaikan tanah *Expansive*.
- Perbaikan tanah lunak dan kohesif dengan metode tiang/cerucuk
 

Untuk tanah lunak dan kohesif dengan ketebalan tidak melebihi 12 m dapat diperbaiki dengan metode tiang pasir padat, tiang kapur atau tiang bambu dan kayu (cerucuk).

  - 1) Pemasangan struktur tiang ke dalam tanah lunak dan kohesif akan meningkatkan daya dukung tanah.
  - 2) Kadar air tanah kohesif mengalami penurunan karena diserap oleh tiang kapur.



- Perbaikan tanah dengan metode perpindahan tanah yang baik

Lapisan tanah yang lunak digantikan dengan bahan tanah yang baik untuk memperbaiki daya dukung tanah dan mengurangi besarnya penurunan akibat konsolidasi.

- Perbaikan tanah dengan metode pembebanan

Metode ini diterapkan untuk mengusahakan konsolidasi lapisan yang lunak dan memperbesar gaya geser tanah. Untuk mendapatkan kedua hal tersebut, pra pembebanan secara statik atau dinamik harus ditempatkan sebelum konstruksi utama dilaksanakan.

- Perbaikan tanah dengan metode drainase vertikal

Kadar air tanah dikurangi dengan sistem drainase melalui kolom vertikal, sehingga tanah dengan cepat pada terkonsolidasi.

- Perbaikan tanah permukaan

Tanah permukaan dapat diperbaiki dengan metode drainase permukaan, metode alas pasir dan metode bahan lembaran tipis.

## 2.5 Tiang Pancang

Tiang pancang adalah bagian-bagian konstruksi yang terbuat dari kayu, beton, dan atau baja, yang digunakan untuk meneruskan (mentransmisikan) beban ke kedalaman tanah (Bowles, 1997). Secara teoritis pondasi tiang dikategorikan sebagai pondasi dalam apabila perbandingan antara kedalaman ( $H$ ) dengan diameternya ( $d$ ) adalah lebih besar atau sama dengan 10 ( $H/d \geq 10$ ). Jarak optimal antara tiang adalah  $2,5d - 3d$ .

### 2.5.1 Metode Pemancangan Tiang Pondasi

Tiang pondasi dapat dimasukkan ke dalam tanah melalui sejumlah metode sebagai berikut (Bowles, 1997):

- a. Pemancangan dengan pukulan di atas tiang pondasi menggunakan *hamer pile*. Metode ini menghasilkan getaran dan suara yang cukup keras.
- b. Pemancangan menggunakan perangkat penggetar yang melekat pada bagian atas tiang pondasi. Metode ini biasanya relatif tenang dan getaran pemancangan mungkin tidak berlebihan. Metode ini lebih cocok untuk tanah sedikit kohesi.
- c. Pemancangan sistem injeksi.
- d. Pengeboran lubang dan memasukkan tiang pondasi ke dalamnya atau lebih umum mengisi lubang dengan adukan beton yang menghasilkan tiang pondasi saat adukan beton tersebut mengeras.

### 2.5.2 Pemancangan Sistem Injeksi (Injection Pile)

Suatu sistem pemancangan pondasi tiang yang pelaksanaannya ditekan masuk ke dalam tanah dengan menggunakan dongkrak hidrolik yang diberi beban *counterweight* sehingga tidak menimbulkan getaran dan gaya tekan dongkrak langsung dan dapat dibaca melalui manometer sehingga gaya tekan tiang dapat diketahui tiap mencapai kedalaman tertentu. Sebelum dilakukan pemancangan dengan *Injection* terlebih dahulu dilakukan tes *sondir* dan *boring*. Dari hasil tes *sondir* tersebut, rata-rata kedalaman tanah kerasnya akan diketahui yang kemudian dibandingkan dengan perencanaan panjang dan kedalaman tiang. Selain memiliki keunggulan yang disebutkan diatas, alat ini juga mampu memancang pondasi dengan berbagai ukuran mulai dari 200×200 mm sampai dengan 500×500 mm atau juga dapat untuk *spun pile* dengan diameter 300

sampai dengan 600 mm. Mobilisasi alat ini cukup mudah dan pada *injection pile* tidak mungkin terjadi keretakan pada kepala tiang seperti pada sistem pemancangan dan juga tidak mudah terjadi necking seperti pada sistem *bore-pile*.

Alat lain yang digunakan untuk mendukung kinerja alat ini adalah *mobile crane* yang berfungsi untuk mengangkat tiang pancang ke dekat alat pancang. *Mobile crane* sering digunakan dalam proyek-proyek berskala menengah namun proyek tersebut membutuhkan alat untuk mengangkut bahan-bahan konstruksi dengan area yang cukup luas karena *mobile crane* mampu bergerak bebas mengelilingi area proyek.



**Gambar 2.4 Pondasi Tiang Pancang dengan sistem Injection**

*Sumber : Google Image*

### **2.5.3 Metode Injection Pile Memiliki Kelebihan dan Kekurangan**

- **Kelebihan Injection Pile**

1. Menghasilkan Daya dukung Gesek tanah yang lebih baik karena metoda hydraulic jack-in (metoda penetrasi tekan statis) sehingga tanah yang tadinya mendorong kesamping akibat penetrasi tiang, dalam beberapa jam tanah yang terdorong akan kembali menjepit tiang dan memberikan daya dukung tambahan (friksi tanah terhadap tiang akan semakin besar).
2. Tidak menghasilkan suara bising seperti pada hammer (umumnya menggunakan Silent Genset sebagai main power untuk aktifitas mesin hydraulic jack in) sehingga tidak menghasilkan polusi asap yang cukup berarti.
3. Output pekerjaan/ produktifitas kerjanya lebih baik daripada hammer (untuk pekerjaan pemancangan dimana penetrasi max adalah rata tanah , minimum 300m' / hari ~ 10jam kerja/hari).
4. Tidak menimbulkan getaran disekeliling sehingga aman buat bangunan di dekatnya (Minim Retak Struktural pada bangunan tetangga).
5. Tidak diperlukan loading test beban aksial, karena mesin hydraulic jack-in dilengkapi dengan pressure gauge (MPA) sehingga beban aksial aktual dapat diketahui dari pembacaan nilai MPA pada pressure Gauge diinstrument mesin.

- **Kekurangan Injection Pile**

1. Tidak maksimal pengerjaannya jika terjadi hujan karena bila tiang diperlukan welding/pengelasan sambungan maka proses penyambungan tiang pancang.butuh waktu lama.

2. Jika menggunakan Mesin Hydraulic Jack In Robot lambat untuk berpindah dari satu titik ke titik pemancangan yang lain, sedangkan jika menggunakan Mesin Hydraulic Jack In dengan roda Crawler : cepat untuk berpindah dari satu titik ke titik pemancangan yang lain, akan tetapi tidak terlalu baik dalam pressure pemancangan dan kurang siku (tergantung permukaan tanah yang menjadi landasan).
3. Pada saat mobilisasi mesin kelokasi proyek mesin Hydraulic jack-in sangat tergantung terhadap ketersediaan Tronton dan crane service (Mobile Crane). sedangkan dalam proses pemancangan bila mesin tidak dilengkapi dengan crane maka harus disediakan juga diproyek crane service (Mobile Crane) dimana fungsi dari crane disini adalah sebagai alat untuk mengangkat tiang pancang dimasukkan ke dalam penjepit hydraulic jack dan pemancangan pun dapat dilakukan.

## 2.6 Daya Dukung Tiang

### 2.6.1 Perhitungan Daya Dukung Tiang Berdasarkan Meyerhof 1976

Daya dukung tiang berdasarkan data SPT, dapat dihitung berdasarkan metode Meyerhof.

- a. Daya dukung ujung tanah pada tanah non-kohefif

$$Q_p = 40 \times N_{SPT} \times \frac{L_b}{D} \times A_p \leq 400 \times N_{SPT} \times A_p \quad (2.6.1.1)$$

- b. Tahanan geser selimut tiang pancang pada tanah non-kohefif

$$Q_s = 2 \times N_{SPT} \times p \times Li \quad (2.6.1.2)$$

- c. Daya dukung ujung tiang pada tanah kohefif untuk tiang pancang dan tiang bor

$$Q_p = 9 \times C_u \times p \times Li \quad (2.6.1.3)$$

- d. Tahanan geser selimut tiang pada tanah kohesif

$$Q_s = \alpha \times C_u \times p \times Li \quad (2.6.1.4)$$

Dengan :

$Q_p$  = Tahanan ujung ultimate (kN)

$A_p$  = Luas penampang tiang pancang ( $m^2$ )

$N_{SPT}$  = Jumlah pukulan yang diperlukan dari percobaan SPT

=  $N_{SPT}$  memakai Norr =  $(N_1 + N_2)/2$

=  $N_1$  adalah nilai  $N_{rata-rata}$  10D

=  $N_2$  adalah  $N_{rata-rata}$  4D

$L_b$  = Tebal lapisan tanah kumulatif (m)

$D$  = Diameter tiang pancang (m)

$Li$  = Tebal lapisan tanah ke - i (m)

$P$  = Keliling tiang (m)

$\alpha$  = Koefisien adhesi antara tanah dan tiang

$C_u$  = Kohesi undrained ( $kN/m^2$ ) =  $N_{SPT} \times 2/3 \times 10$

## 2.6.2 Kapasitas Daya Dukung Aksial

Kapasitas daya dukung dibedakan atas daya dukung ujung dan daya dukung gesek. Apabila daya dukung keduanya dimobilisasikan akan didapatkan :

$$Q_{ult} = Q_p + Q_s \quad (2.6.2.1)$$

Dari kapasitas daya dukung aksial ultimate maka kita bisa mendapatkan kapasitas daya dukung aksial izin sebagai berikut :

$$Q_{all} = \frac{Q_{ult}}{SF} \quad (2.6.2.2)$$

Dengan :

- $Q_{ult}$  = Kapasitas daya dukung maksimum atau ultimate  
 $Q_s$  = Kapasitas daya dukung gesek (*skin friction*) yang didapat dari gaya geser atau gaya adhesi antara tiang dengan tanah  
 $Q_p$  = Kapasitas daya dukung ujung (*end bearing*) yang didapat dari tanah dibawah ujung pondasi tiang  
 $Q_{all}$  = Kapasitas daya dukung izin tiang pancang  
 $SF$  = Faktor keamanan (*safety factor*) yang digunakan

## 2.7 Efisiensi Tiang Group (Kelompok Tiang)

Efisiensi dari kapasitas tiang group dapat didefinisikan sebagai berikut:

$$\eta = \frac{Q_{g(u)}}{\sum Q_u} \quad (2.7.1)$$

Dengan :

- $\eta$  = efisiensi tiang group  
 $Q_{g(u)}$  = kapasitas ultimat tiang group  
 $Q_u$  = kapasitas ultimat dari tiang tunggal.

Beberapa metode yang digunakan untuk menghitung efisiensi group tiang adalah:

### - Persamaan Converse-Labarre

$$\eta = 1 - \left[ \frac{(n_1 - 1)n_2 + (n_2 - 1)n_1}{90n_1n_2} \right] \tan^{-1} \left( \frac{D}{d} \right) \quad (2.7.2)$$

Dengan :

- $D$  = diameter tiang  
 $d$  = jarak antara as-as tiang yang berdekatan

$n_1, n_2$  = jumlah tiang pada setiap potongan melintang dan memanjang.

Menurut Kisida dan Meyerhoff (1965) pada tanah loose dan medium sand besarnya 10 actor efisiensi tiang group lebih besar dari satu. Hal ini terjadi karena selama instalasi tiang terjadi proses pemadatan (*densification*).

Berdasarkan observasi eksperimental maka perilaku dari tiang group pada pasir dapat dinyatakan sebagai berikut (Braja M.Das, 2004):

- a. Untuk tiang group yang terdiri dari tiang pancang (*driven pile*) pada pasir jika  $d \geq 3D$ ,  $Q_{g(u)}$  sama dengan  $\sum Q_u$ .
- b. Untuk tiang group yang terdiri dari tiang bor pada pasir dengan  $d \approx 3D$ ,  $Q_{g(u)}$  diambil  $2/3$  -  $3/4$  kali  $\sum Q_u$ .

## 2.8 Penurunan (Settlement)

### 2.8.1 Penurunan Tiang Kelompok

#### 1. Tanah Pasir

Beberapa metode dari penelitian dapat digunakan untuk menghitung penurunan kelompok tiang antara lain, yaitu :

##### a) Metode Vesic (1977)

$$S_g = S \sqrt{\frac{B_g}{d}} \quad (2.8.1.1)$$

Dengan :

- $S$  = Penurunan pondasi tiang tunggal  
 $S_q$  = Penurunan pondasi kelompok tiang  
 $B_g$  = Lebar kelompok tiang  
 $d$  = Diameter tiang tunggal



- b) Metode Meyerhoff (1976)  
 - Berdasarkan N-SPT

$$S_g = 2q \sqrt{\frac{B_g \cdot I}{N}} \quad (2.8.1.2)$$

$$I = \left(1 - \frac{L}{8B_g}\right) \geq 0,5 \quad (2.8.1.3)$$

Dengan :

- q = Tekanan pada dasar pondasi  
 B<sub>g</sub> = Lebar kelompok tiang  
 N = Harga rata-rata NSPT pada kedalaman ± B<sub>g</sub>  
 dibawah ujung pondasi tiang

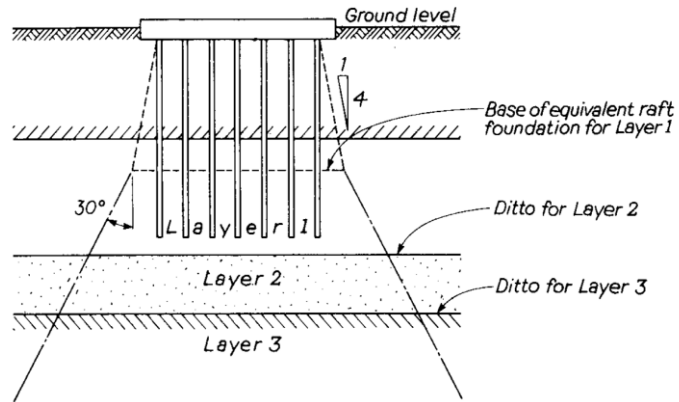
## 2. Tanah Lempung

Penurunan pondasi yang terletak pada tanah lempung dapat dibagi menjadi tiga komponen, yaitu : penurunan segera (immediate settlement), penurunan konsolidasi primer dan penurunan konsolidasi sekunder. Penurunan total adalah jumlah dari komponen tersebut dan dinyatakan dalam rumus berikut :

$$S = S_i + S_c + S_s \quad (2.8.1.4)$$

Dengan :

- S = Penurunan total  
 S<sub>i</sub> = Penurunan segera  
 S<sub>c</sub> = Penurunan konsolidasi primer  
 S<sub>s</sub> = Penurunan konsolidasi sekunder



**Gambar 2.5 Load Distribution beneath pile group in layered soil formation**

*Sumber : Tomlison, 1977*

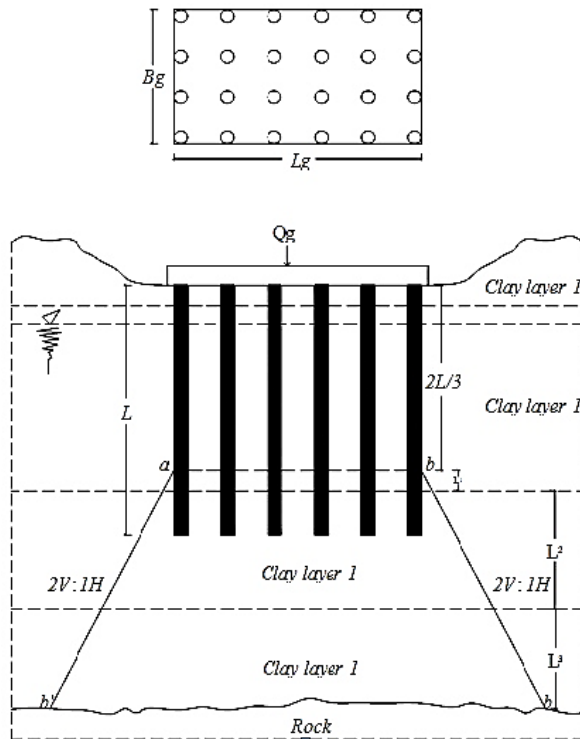
### 2.8.2 Penurunan Konsolidasi

Peningkatan tegangan di tengah tengah lapisan adalah :

$$\Delta p = \frac{Q_p}{(B_g + z_i)(L_g + z_i)} \quad (2.8.2.1)$$

$Z_i$  dari kedalaman  $2/3 L$

Penurunan konsolidasi terjadi akibat keluarnya sebagian kandungan air dari lapisan tanah sehingga tanah menjadi lebih mampat. Penurunan konsolidasi ini terjadi dalam rentang waktu yang lebih lama dan jauh lebih besar dibanding penurunan segera. Penurunan Konsolidasi Primer atau konsolidasi hidrodinamis, yaitu penurunan yang dipengaruhi oleh kecepatan aliran air yang meninggalkan tanah akibat adanya tambahan tekanan.



**Gambar 2.6 Penurunan Konsolidasi**

*Sumber: Buku Mekanika Tanah & Teknik Pondasi, Ir. Suyono*

Proses konsolidasi primer sangat dipengaruhi oleh sifat tanah, seperti: permeabilitas, kompresibilitas, angka pori, bentuk geometri tanah termasuk tebal lapisan mampat, pengembangan arah horisontal dari zona mampat, dan batas lapisan lolos air, di mana air keluar menuju lapisan yang lolos air ini.

$$Sc = Cc \frac{H_c}{1+e_0} \log \frac{P_o + \Delta P}{P_o} \quad (2.8.2.2)$$

Dengan :

- $P_o$  = tegangan efektif tanah akibat berat sendiri  
 $DP$  = penambahan tegangan  
 $Cc$  = koefisien kompresibilitas dan  
 $e_0$  = adalah angka pori asli.

Untuk tanah *overconsolidated clay*, menghitung besarnya penurunan konsolidasi adalah sebagai berikut:

$$Sc, ov = Cs \frac{H_c}{1+e_0} \log \frac{P_c}{P_o} + Cc \frac{H_c}{1+e_0} \log \frac{P_o + \Delta P}{P_o} \quad (2.8.2.3)$$

Dengan :

- $Cs$  = *swelling index*  
 $P_c$  = tegangan pra konsolidasi

Perhitungan penurunan konsolidasi sekunder ditentukan dari grafik hubungan angka pori dan waktu. Persamaan untuk menghitung penurunan ini adalah :

$$Sc_2 = C_{2nd} \frac{H_c}{1+e_p} \log \frac{t_p + \Delta t}{t_p} \quad (2.8.2.4)$$

Dengan:

- $C_{2nd}$  = indek kemampatan sekunder  
 $H_c$  = tebal lapisan tanah terkonsolidasi  
 $t_p$  = waktu yang diperlukan untuk konsolidasi primer  
 $\Delta t$  = tambahan waktu untuk proses konsolidasi sekunder  
 $e_p$  = angka pori akhir pada konsolidasi primer

$$C_{2nd} = \frac{\Delta e}{\log(t_p + \Delta t) - \log(t_p)} \quad (2.8.2.5)$$

## 2.9 Faktor Keamanan

Untuk memperoleh kapasitas ijin tiang, maka diperlukan untuk membagi kapasitas ultimit dengan faktor aman tertentu. Faktor aman ini perlu diberikan dengan maksud :

- a. Untuk memberikan keamanan terhadap ketidakpastian metode hitungan yang digunakan.
- b. Untuk memberikan keamanan terhadap variasi kuat geser dan kompresibilitas tanah.
- c. Untuk menyakinkan bahwa bahan tiang cukup aman dalam mendukung beban yang bekerja.
- d. Untuk menyakinkan bahwa penurunan total yang terjadi pada tiang tunggal atau kelompok masih tetap dalam batas-batas toleransi.
- e. Untuk menyakinkan bahwa penurunan tidak seragam diantara tiang-tiang masih dalam batas toleransi.

Sehubungan dengan alasan butir (d), dari hasil banyak pengujian-pengujian beban tiang, baik tiang pancang maupun tiang bor yang berdiameter kecil sampai sedang (600 mm), penurunan akibat beban bekerja (*working load*) yang terjadi lebih kecil dari 10 mm untuk faktor aman yang tidak kurang dari 2,5 (*Tomlison, 1977*).

Besarnya beban bekerja (*working load*) atau kapasitas tiang ijin ( $Q_a$ ) dengan memperhatikan keamanan terhadap keruntuhan adalah nilai kapasitas ultimit ( $Q_u$ ) dibagi dengan faktor aman (SF) yang sesuai. Variasi besarnya faktor aman yang telah banyak digunakan untuk pemancangan pondasi tiang pancang, sebagai berikut :

$$Q_a = \frac{Q_u}{2,5} \quad (2.9.1)$$

## 2.10 Kekuatan Geser Tanah

Kekuatan geser suatu massa tanah merupakan perlawanan internal tanah tersebut per satuan luas terhadap keruntuhan atau pergeseran sepanjang bidang geser dalam tanah yang dimaksud. Untuk menganalisis masalah stabilitas tanah seperti daya dukung, stabilitas talud (lereng), dan tekanan tanah ke samping pada turap maupun tembok penahan tanah, mula-mula kita harus mengetahui sifat-sifat ketahanan penggesernya tanah tersebut.

### 2.10.1 Kriteria Keruntuhan Menurut *Mohr-Coulomb*

*Mohr* (1980) menyuguhkan sebuah teori tentang keruntuhan pada material yang menyatakan bahwa keruntuhan terjadi pada suatu material akibat kombinasi kritis antara tegangan normal dan geser, dan bukan hanya akibat tegangan normal maksimum atau tegangan geser maksimum saja. Jadi, hubungan antara tegangan normal dan geser pada sebuah bidang keruntuhan dapat dinyatakan dalam bentuk berikut (Gambar 2.10).

$$\tau_f = f(\sigma) \quad (2.10.1.1)$$

Garis keruntuhan (*failure envelope*) yang dinyatakan oleh Persamaan (2.13.1.1) di atas sebenarnya berbentuk garis lengkung seperti terlihat pada Gambar 2.10. Untuk sebagian besar masalah-masalah mekanika tanah, garis tersebut cukup didekati dengan sebuah garis lurus yang menunjukkan hubungan linear antara tegangan normal dan geser (*Coulomb; 1776*). Persamaan itu dapat kita tulis sebagai berikut:

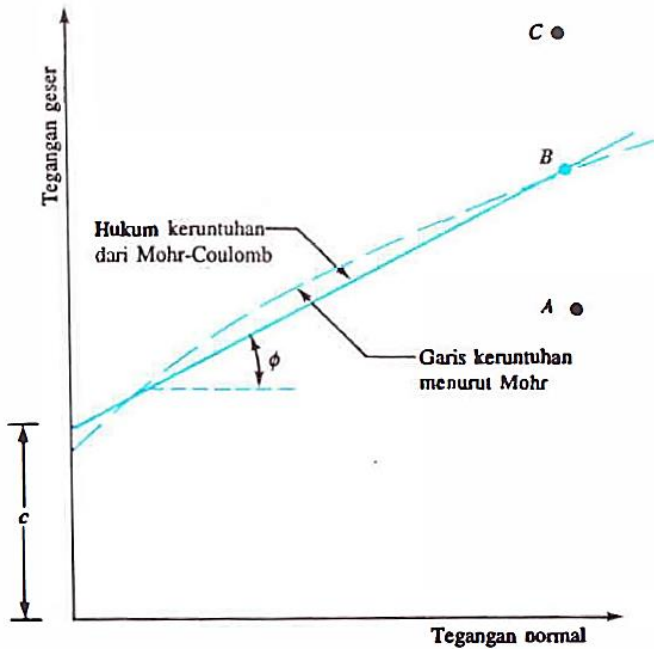
$$\tau_f = c + \sigma \tan \phi \quad (2.10.1.2)$$

Dengan :

$c$  = kohesi

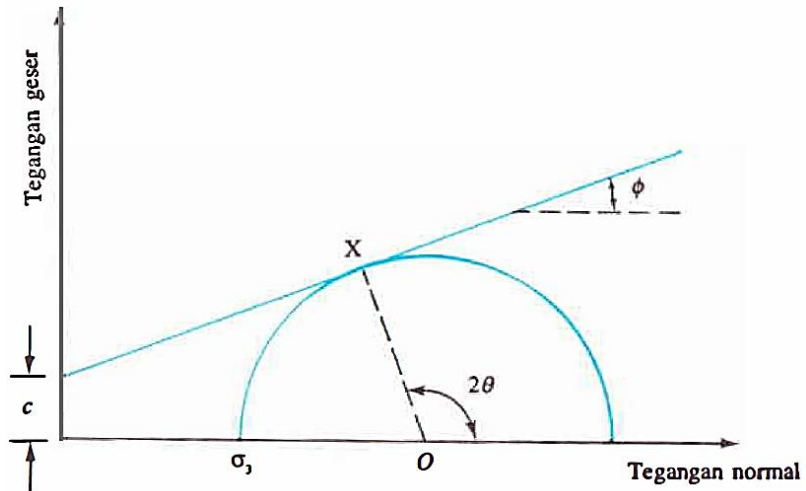
$\phi$  = sudut geser-internal

Hubungan di atas disebut juga sebagai kriteria keruntuhan Mohr-Coulomb.



**Gambar 2.7** Garis keruntuhan menurut Mohr dan hukum keruntuhan dari Mohr-Coulomb

*Sumber : Braja M.Das, 1985 Mekanika Tanah*



**Gambar 2.8 Lingkaran Mohr dan garis keruntuhan**

*Sumber : Braja M.Das, 1985 Mekanika Tanah*

### 2.11 Software Geoteknik (*Plaxis 2D*)

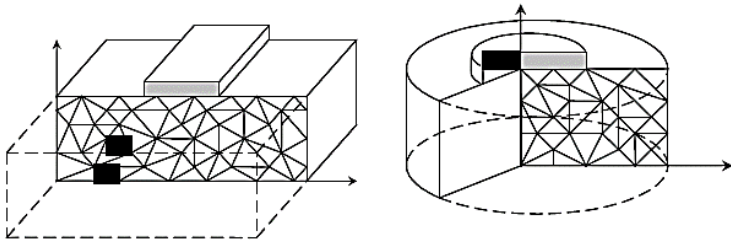
Program *PLAXIS 2D* adalah program pemodelan tanah yang menggunakan dasar teori metode elemen hingga untuk memperoleh hasil desain perhitungan yang dibutuhkan dengan menginput parameter-parameter tanah dan elemen lain yang berperan dalam pekerjaan konstruksi untuk perhitungan tersebut. Dengan *PLAXIS 2D* geometri model dapat dengan mudah didefinisikan dalam mode tanah dan struktur, setelah model padat independen secara otomatis dapat dipotong dan menyatu. Modus konstruksi dipentaskan memungkinkan untuk simulasi proses konstruksi dan penggalian dengan mengaktifkan dan menonaktifkan cluster tanah dan obyek struktural. Perhitungan kernel memungkinkan simulasi realistis dari linear, waktu perilaku non tergantung dan anisotropik tanah dan / atau rock. Karena tanah merupakan bahan multi-fase, prosedur khusus memungkinkan untuk perhitungan yang



berhubungan dengan tekanan hidrostatik pori hidrostatik dan non dalam tanah. Output terdiri dari rangkaian lengkap dari alat visualisasi untuk memeriksa rincian model tanah-struktur 2D bawah tanah.

Pada program PLAXIS 2D, model struktur Geoteknik dapat dimodelkan dengan 2 cara yaitu *plane strain* dan axi-simetri. Model (*plane strain*) biasa digunakan untuk model geometri dengan penampang melintang yang cukup seragam, dengan kondisi tegangan dan kondisi pembebanan yang terjadi cukup panjang dalam arah tegak lurus terhadap penampang. Perpindahan dan regangan dalam arah tegak lurus terhadap bidang penampang diasumsikan tidak terjadi atau bernilai nol. Walaupun diasumsikan tidak terjadi, tegangan normal pada arah tegak lurus terhadap bidang penampang tetap diperhitungkan sepenuhnya dalam analisa. Sedangkan untuk model axi-simetri biasa digunakan untuk struktur Geoteknik yang berbentuk lingkaran dengan bidang penampang radial yang cukup seragam dan kondisi pembebanan mengelilingi sumbu aksial. Untuk deformasi dan kondisi tegangan diasumsikan tersebar rata mengelilingi arah radial.

Dalam model axi-simetri koordinat (x) menyatakan radius, sedangkan untuk koordinat (y) menyatakan sumbu simetris dalam arah aksial.



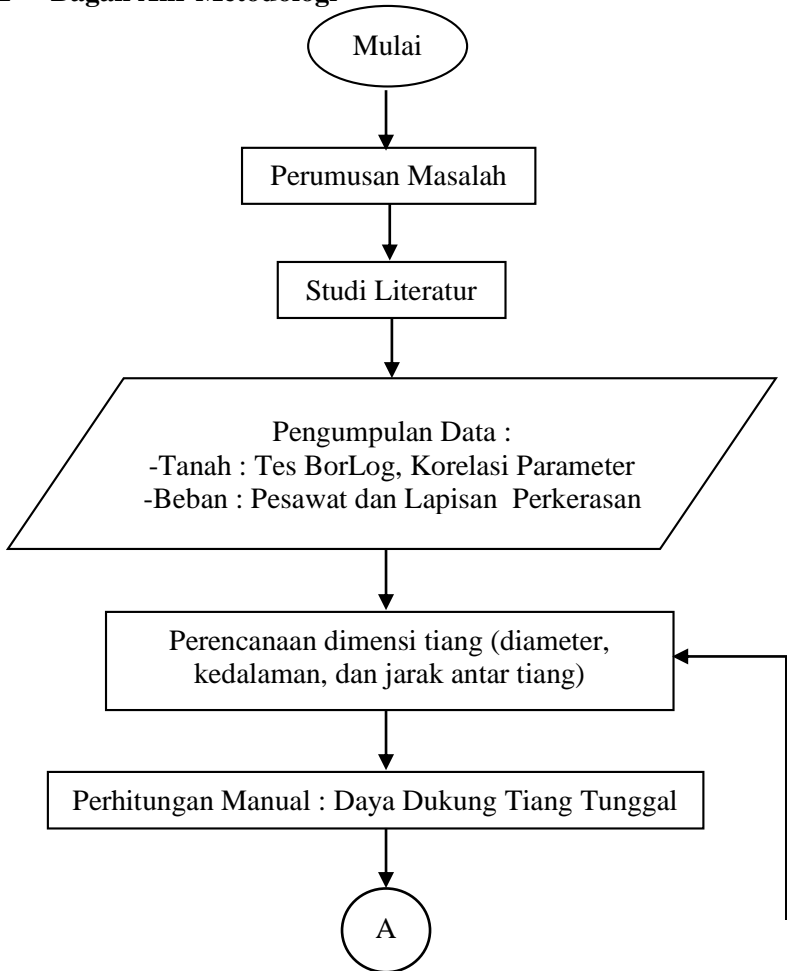
**Gambar 2.9 Perbedaan Model Plane strain dan axi simetri**

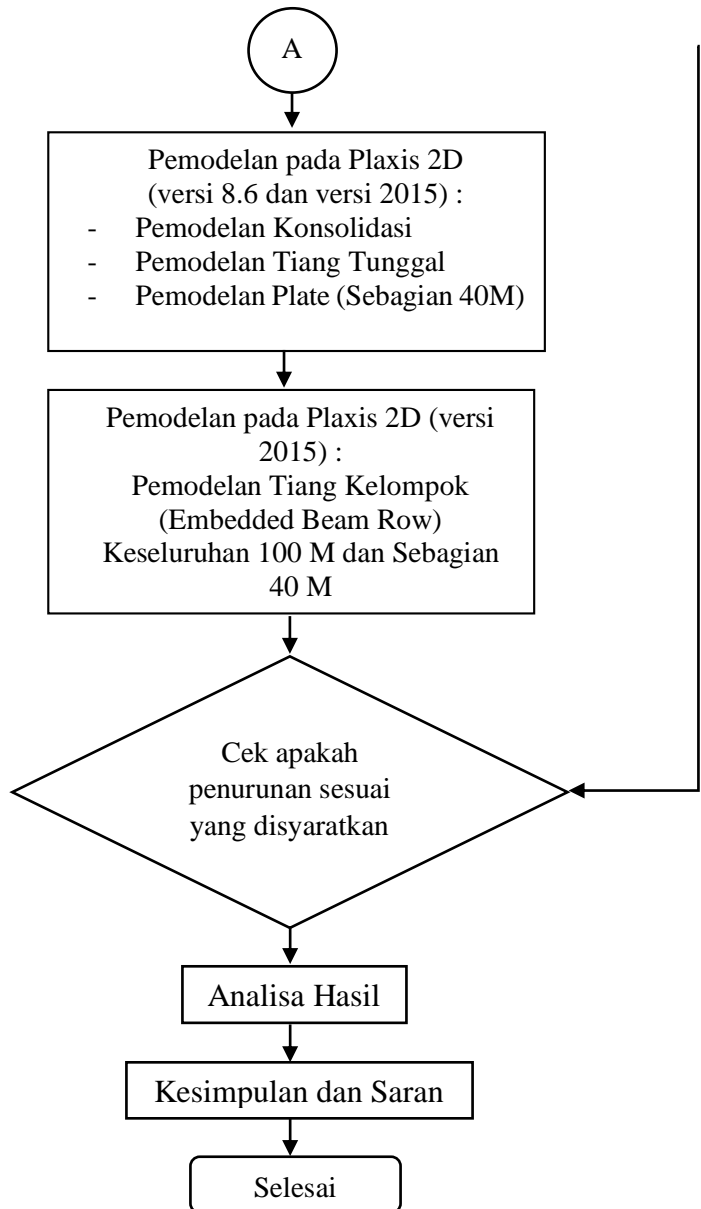
*Sumber: Manual PLAXIS 2D*

## BAB III

### METODOLOGI

#### 3.1 Bagan Alir Metodologi





**Gambar 3.1 Bagan Alir Metodologi**

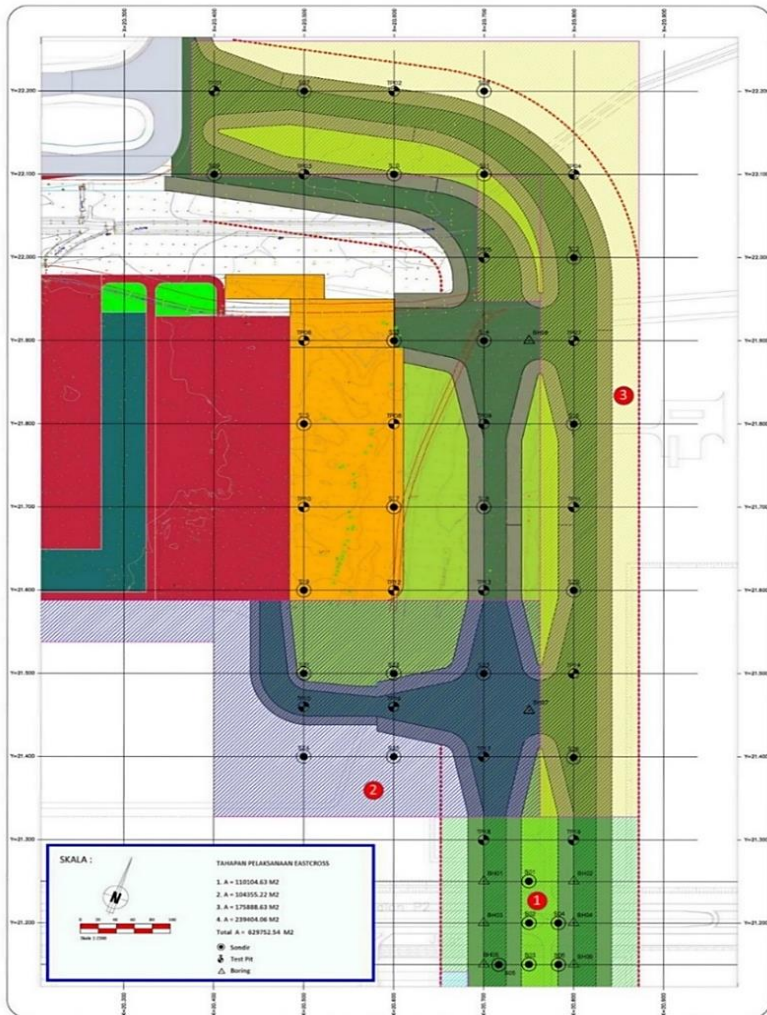
Bagan diatas berikut ini adalah diagram alir dalam penulisan Tugas Akhir Terapan Pemodelan Perbaikan Tanah pada Taxiway Bandara Soekarno-Hatta dengan Metode *Injection Pile*.

### **3.2 Pengumpulan Data**

Data-data yang diperlukan dalam Tugas Akhir ini adalah data sekunder yang didapat dari proyek Connection NP1-Secondary Apron Bandara Soekarno-Hatta. Data tersebut meliputi:

1. Data gambar, meliputi :
  - Layout Survey Geoteknik

Data layout survey geoteknik lokasi Proyek Connection NP1- Secondary Apron Bandara Soekarno-Hatta Tangerang digunakan dalam perbaikan tanah metode *Injection Pile* di STA 0+520 – STA 0+540 dan STA 0+960 – STA 0+980.



**Gambar 3.2 Titik SPT (Bor Log) di Eastcross**  
*Sumber : Data Proyek Connection NPI-Secondary Apron  
 Bandara Soekarno-Hatta*

2. Data pengujian tanah lapangan (SPT)
3. Data Beban

### 3.3 Studi Literatur

Studi Literatur merupakan kegiatan yang dilakukan untuk mengetahui apa saja yang dibutuhkan untuk merencanakan pemodelan struktur bawah pada sisi udara *taxiway*. Buku – buku referensi sangat diperlukan dalam pembuatan laporan tugas akhir terapan ini, karena dengan itu kita dapat dengan mudah menambahkan informasi lebih banyak tentang pemodelan perbaikan tanah dari para penulis yang telah banyak pengalaman dalam dunia teknik sipil khususnya dunia proyek. Selain itu juga, buku-buku tersebut dapat digunakan sebagai acuan dalam pemodelan pembangunan sisi udara *taxiway* bandara pada bagian struktur bawah.

### 3.4 Parameter Tanah dan Korelasi N-SPT

Data tanah yang diperoleh dari Proyek *Connection NPI-Secondary Apron* Bandara Soekarno-Hatta terdapat data Bor Log dan Sondir, hanya saja yang digunakan dalam Tugas Akhir Terapan ini yaitu data tanah Bor Log. Ada beberapa parameter yang belum ditentukan nilai korelasi sesuai data NSPT maka dari itu dicari nilai korelasi untuk mengetahui nilai yang belum ditentukan sebagai penunjang input data tanah pada pemodelan tersebut.

#### 3.4.1 Korelasi N-SPT terhadap nilai konsistensi suatu tanah

Nilai SPT dapat digunakan untuk menghitung sifat *friction angle* ( $\phi$ ), *relative density* ( $D_r$ ), kapasitas dukung dan penurunan, kecepatan gelombang geser ( $v_s$ ) tanah, maupun potensi likuifaksi. Di sisi lain, uji SPT yang

sebenarnya dikembangkan untuk tanah berbutir kasar telah diaplikasikan untuk pada tanah berbutir halus, untuk memperkirakan *undrained compressive strength* ( $q_u$ ), *undrained shear strength* ( $S_u$ ) dan koefisien kompresibilitas volume ( $mv$ ). Perkiraan nilai-nilai tersebut seperti pada Tabel 3.1

**Tabel 3.1 Korelasi SPT**

Uraian	Tanah Tidak Kohesif				
N	0-10	11-30	31-50	>50	
Berat isi, kN/m <sup>3</sup>	12-16	14-18	16-20	18-23	
Sudut geser, $\phi$	25-35	28-36	30-40	>35	
Keadaan	Lepas	Sedang	Padat	Sangat Padat	
	Tanah Kohesif				
N	<4	4-6	6-15	16-25	>25
Berat isi, kN/m <sup>3</sup>	14-18	16-18	16-18	16-18	>20
$q_u$ , kPa	<25	20-50	30-60	40-200	>100
Konsistensi	Sangat lunak	Lunak	Sedang	Kenyal ( <i>Stiff</i> )	Keras

Sumber: Bowles & Hainim, 2004



### 3.4.2 Korelasi N-SPT terhadap nilai $C_u$

Korelasi nilai  $C_u$  dengan N-SPT dan sondir untuk tanah dominan lanau dan lempung menurut Mochtar, 2006 seperti pada Tabel 3.2.

**Tabel 3.2 Konsistensi Tanah Untuk Tanah Dominan Lanau dan Lempung**

Konsistensi tanah	Taksiran kekuatan geser undrained, $C_u$		Taksiran harga SPT, harga N
	kPa	ton/m <sup>2</sup>	
Sangat lunak (very soft)	0-12.5	0-1.25	0-2.5
Lunak (soft)	12.5-25	1.25-2.5	2.5-5
Menengah (medium)	25-50	2.5-5.0	5-10
Kaku (stiff)	50-100	5.0-10	10-20
Sangat kaku (very stiff)	100-200	10-20	20-40
Keras (hard)	>200	>20	>40

*Sumber : Braja M.Das, 1985 Mekanika Tanah*

### 1.4.3. Korelasi N-SPT terhadap nilai $\phi$

**Tabel 3.3 Pedoman Memprakirakan Harga  $\phi$  Dari Harga N-SPT**

Kondisi kepadatan	Kepadatan relatif, $R_d$ (%)	Perkiraan Harga $N_{SPT}$	Perkiraan harga, $\phi$ (°)	Perkiraan berat volume jenuh, $\gamma_{sat}$ (ton/m <sup>3</sup> )
Very loose (sangat renggang)	0 s/d 15	0 s/d 4	0 s/d 28	< 1.60
Loose (renggang)	15 s/d 35	4 s/d 10	28 s/d 30	1.50 – 2.0
Medium ( menengah)	35 s/d 65	10 s/d 30	30 s/d 36	1.75 – 2.10
Dense (rapat)	65 s/d 85	30 s/d 50	36 s/d 41	1.75 – 2.25
Very dense (sangat rapat)	85 s/d 100	>50	41*	

*Sumber : Braja M.Das, 1985 Mekanika Tanah*

#### **3.4.4 Korelasi N-SPT terhadap nilai modulus elastisitas tanah**

Nilai modulus young menunjukkan besarnya nilai elastisitas tanah yang merupakan perbandingan antara tegangan yang terjadi terhadap regangan. Nilai ini bisa didapatkan dari *Triaxial Test*. Nilai Modulus elastisitas ( $E_s$ ) secara empiris dapat ditentukan dari jenis tanah dan data sondir seperti pada Tabel 3.4.

**Tabel 3.4 Nilai Perkiraan Modulus Elastisitas Tanah**

<b>Jenis Tanah</b>	<b>Es (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>
Lempung	
Sangat lunak	3 – 30
Lunak	20 – 40
Sedang	45 – 90
Keras	70 – 200
Berpasir	300 – 425
Pasir	
Berlanau	50 – 200
Tidak padat	100 – 250
Padat	500 – 1000
Pasir dan Kerikil	
Padat	800 – 2000
Tidak padat	500 – 1400
Lanau	20 – 200
Loses	150 – 600
Cadas	1400 – 14000

*Sumber : Bowles, 1997*

### 3.4.5 Korelasi N-SPT terhadap nilai overconsolidated ratio, OCR

$$OCR = 0.193 \left( \frac{N}{\sigma'_v} \right)^{0.689} \quad (3.4.5.1)$$

Dengan :

$\sigma'_v$  = Effective vertical stress dalam MN/m<sup>2</sup>

Poisson Ratio didefenisikan sebagai perbandingan antara regangan lateral dan longitudinal. Tabel 3.5 di bawah ini merupakan *Poisson's Ratio* untuk beberapa material :

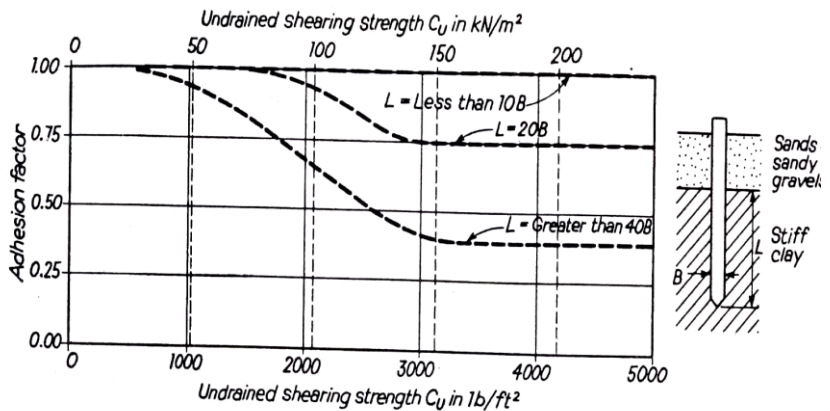
**Tabel 3.5 Poisson's Ratio**

Material	Poisson's ratio $\nu$
Lempung jenuh	0.4 – 0.5
Lempung tak jenuh	0.1 – 0.3
Lempung berpasir	0.2 – 0.3
Lanau	0.3 – 0.35
Pasir padat	0.1 – 1.00
Pasir berkerikil	0.3 – 0.4
Batuan (Rock)	0.1 – 0.4 (agak bergantung jenis batuan)
Tanah lus	0.1 – 0.3

Es	0.36
Beton	0.15 – 0.25

Sumber: Bowles, 1988

### 3.4.6 Korelasi N-SPT terhadap nilai Adhesion Factor



Gambar 3.3 Nilai Adhesion Factor,  $su$

Sumber : Tomlison, 1977

### 3.4.7 Korelasi N-SPT terhadap nilai Permeability

- **Metode Klasifikasi USDA**

Pada tahun 1960, *United State Department of Agriculture* (USDA) memperkenalkan sistem klasifikasi tanah yang baru yang disebut *Comprehensive System* atau *Soil Taxonomy*. Sistem klasifikasi tanah ini lebih banyak menekankan pada morfologi dan kurang menekankan pada faktor-faktor pembentuk tanah.

Sistem klasifikasi tanah berdasarkan tekstur tanah, distribusi ukuran butir dan plastisitas tanah menurut USDA, adalah :

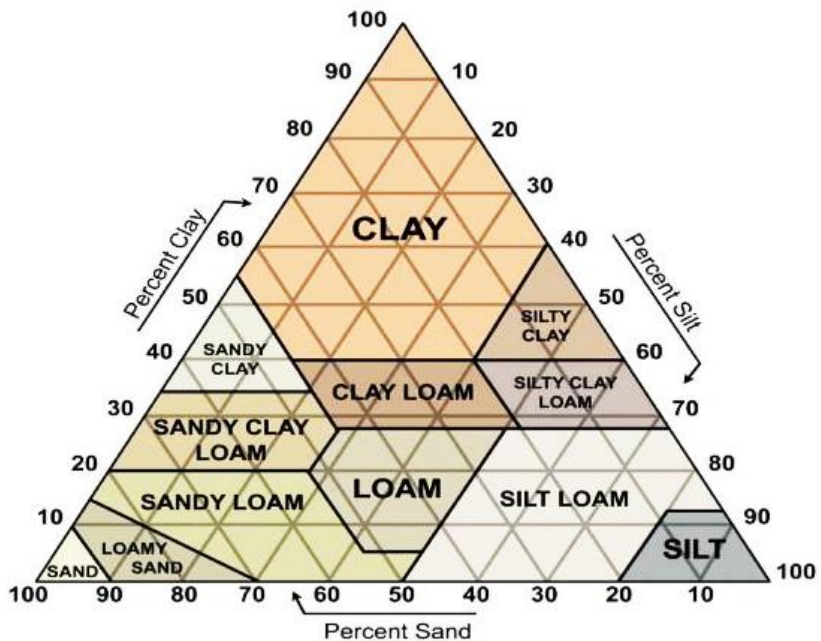
- a. Pasir : ukuran butiran antara 2,0 – 0,05 mm
- b. Lanau : ukuran butiran 0,05– 0,002 mm.
- c. Lempung : ukuran butiran < 0,002 mm

*Soil Taxonomy* (USDA, 1975) menggunakan 6 kategori yaitu *ordo*, *sub ordo*, *great group*, *sub group*, *family* dan *seri*.

- a. *Ordo* tanah ; dibedakan berdasarkan ada tidaknya horizon penciri serta jenis (sifat) dari horizon penciri tersebut.
- b. *Sub-ordo* tanah ; dibedakan berdasarkan perbedaan genetik tanah, misalnya: ada tidaknya sifat-sifat tanah yang berhubungan dengan pengaruh: (1) air, (2) regim kelembaban, (3) bahan induk utama, dan (4) vegetasi. Untuk tanah *ordo histosol* (tanah organik) yang digunakan adalah tingkat pelapukan dari bahan organik pembentuknya: *fibris*, *hemis*, dan *safris*.
- c. *Great Group* Tanah ; *great grup* dibedakan berdasarkan perbedaan: (1) jenis, (2) tingkat perkembangan, (3) susunan horizon, (4) kejenuhan basa, (5) regi suhu, dan (6) kelembaban, serta (7) ada tidaknya lapisan-lapisan penciri lain, seperti: *plinthite*, *fragipan*, dan *duripan*.

- d. Sub Group Tanah ; sub grup dibedakan berdasarkan: (1) sifat inti dari great group dan diberi nama Typic, (2) sifat-sifat tanah peralihan ke: (a) great group lain, (b) sub ordo lain, dan (c) ordo lain, serta (d) ke bukan tanah.
- e. Famili Tanah ; bagian famili tanah dibedakan berdasarkan sifat-sifat tanah yang penting untuk pertanian dan atau engineering, meliputi sifat tanah: (1) sebaran besar butir , (2) susunan mineral liat, (3) regim temperatur pada kedalaman 50 cm.
- f. Seri Tanah ; bagian ini dibedakan berdasarkan: (1) jenis dan susunan horison, (2) warna, (3) tekstur , (4) struktur , (5) konsistensi, (6) reaksi tanah dari masing-masing horison, (7) sifat-sifat kimia tanah lainnya, dan (8) sifat-sifat mineral dari masing-masing horison. Penetapan pertama kali kategori Seri tanah, digunakan nama lokasi tersebut sebagai penciri seri.





**Gambar 3.4 Segitiga Taksonomi Tanah**  
*Sumber :Buku Dasar-Dasar Mekanika Tanah*

Kerikil	Pasir	Lanau	lem-pung	Massachusetts Institute of Technology
Kerikil	Pasir	Lanau	lem-pung	U.S. Department of Agriculture
Kerikil	Pasir	Lanau	lem-pung	American Association of State Highway and Transportation Officials
Kerikil	Pasir	Lanau dan lempung		Unified Soil Classification System

100      10      1,0      0,1      0,01      0,001

Ukuran butiran (mm).

Nama golongan	Kerikil	Ukuran butiran (mm)		
		Pasir	Lanau	Lempung
Massachusetts Institute of Technology (MIT)	>2	2 – 0,06	0,06 – 0,002	<0,002
U. S. Department of Agriculture (USDA)	>2	2 – 0,05	0,05 – 0,002	<0,002
American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO)	76,2 – 2	2 – 0,075	0,075 – 0,002	<0,002
Unified Soil Classification System (U.S. Army Corps of Engineers, U.S. Bureau of Reclamation)	76,2 – 4,75	4,75 – 0,075	Halus (yaitu lanau dan lempung) < 0,0075.	

**Gambar 3.5 Batasan-batasan ukuran golongan tanah menurut beberapa sistem**

*Sumber :Braja M.Das, Mekanika Tanah*

### **3.5 Pemodelan Tiang Tunggal dengan Menggunakan *software* geoteknik (PLAXIS 2D)**

Setelah mendapatkan data-data tersebut, selanjutnya dilakukan pemodelan dengan bantuan *software* geoteknik (PLAXIS 2D) yang dilakukan dengan beberapa metode. Dan hasil dari metode ini berupa kapasitas daya dukung pondasi dan penurunan yang terjadi.

### 3.5.1 Langkah-langkah Pemodelan Daya Dukung Tiang Tunggal dengan *Plaxis 2D*

- 1) Kondisi awal (*Initial condition*)
  - Geometri
  - Parameter tanah dan bahan
  - Elevasi muka air tanah
- 2) Setelah menentukan kondisi awal maka langkah berikutnya adalah membuat penampang lapisan tanah sesuai dengan kedalaman yang terdapat pada data tanah.
- 3) Membuat tiang sesuai kedalaman yang telah ditentukan.
- 4) Menerapkan parameter tiang pada bagian elemen yang mewakili elemen tiang.
- 5) Tahap perhitungan (*Calculate phase*).
  - Gali / Bor
  - Cor (Beton)
  - Load 1kN
  - Multiplier

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

## **BAB IV**

### **DATA DAN ANALISA TANAH**

#### **1.1 Data Tanah**

Data tanah yang digunakan dalam Tugas Akhir Terapan ini adalah data SPT dari Proyek Connection NP1-Secondary Apron Bandara Soekarno-Hatta. Data SPT yang tersedia berjumlah dua titik data pengeboran, diantaranya berada di STA 0+520 – STA 0+540 dan STA 0+960 – STA 0+980.

#### **1.2 Analisa Parameter Tanah**

##### **1.2.1 Parameter Tanah Titik Bore Log**

Analisa penentuan parameter tanah dilakukan mendapatkan data tanah yang digunakan untuk perencanaan perkerasan taxiway. Pada titik BH-07 terdapat data tes Bor Log oleh sebab itu dilakukan analisa parameter korelasi nilai SPT untuk mendapatkan nilai yang belum diketahui. Titik BH-07 dengan kedalaman 40m yang terdiri dari 4 lapisan tanah dengan nilai SPT rata-rata yang berbeda. Pada kedalaman 0m hingga 4m merupakan jenis tanah lempung lanauan dengan nilai SPT rata-rata 26,5. Nilai SPT rata-rata tersebut, dikaitkan dengan tabel korelasi parameter tanah sesuai dengan nilai yang akan dicari atau diketahui yang ada pada Sub-bab 3.4.

Dengan nilai SPT rata-rata tersebut, dalam mencari nilai korelasi N-SPT terhadap  $\gamma_{unsat}$  dan  $\gamma_{sat}$  melalui tabel 3.2 pada kolom tanah kohesif. Kemudian mencari nilai E (modulus elastisitas tanah) melalui tabel 3.5 sesuai dengan

jenis tanah yang diketahui yaitu tanah lempung lanau. Setelah itu, mengetahui nilai poisson ratio ( $v'$ ) didapat dengan melihat pada tabel 3.6. Selanjutnya nilai kuat geser undrained ( $S_u$ ) dengan melihat gambar 3.3. Kemudian yang terakhir mencari nilai sudut geser ( $\phi$ ) untuk tanah lempung lanau, nilai sudut gesernya dianggap  $0^\circ$  karena kondisi tipe tanahnya bersifat undrained.

Nilai korelasi parameter tanah tersebut dibutuhkan untuk proses input ke dalam program PLAXIS 2D sebagai perencanaan perkerasan taxiway, maka dari itu perlu dilakukan korelasi parameter sesuai nilai SPT dan jenis tanah pada lapisan tersebut.

Dari hasil analisis korelasi parameter tanah BH-07 dan BH-08. Hasil analisa parameter tanah BH-07 dilihat pada Tabel 4.1 dan parameter tanah BH-08 dilihat pada Tabel 4.2.

**Tabel 4.1 Parameter Tanah Titik BH-07**

Depth (m)	Jenis Tanah	N-SPT	$\gamma_{\text{unsat}}$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma_{\text{sat}}$ (kN/m <sup>3</sup> )	E' (kN/m <sup>2</sup> )	$v'$	su,ref (kN/m <sup>2</sup> )	$\phi$ (°)	C'ref (kN/m <sup>3</sup> )
0 - (-4)	Lempung Lanau I	26,5	16	18	8000	0,25	155	38	-
-4 - (-12)	Lempung Lanau II	29,25	16	18	9000	0,25	190	38	-
-12 - (-22)	Lempung Pasiran	54	16	18	36250	0,25	330	45	-
-22 - (-40)	Pasir Kerikilan	58,67	20	20	140000	0,3	-	45	200

*Sumber : Hasil Analisa*

**Tabel 4.2 Parameter Tanah Titik BH-08**

Depth (m)	Jenis Tanah	N-SPT	$\gamma_{\text{unsat}}$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma_{\text{sat}}$ (kN/m <sup>3</sup> )	E' (kN/m <sup>2</sup> )	$v'$ (nu)	su,ref (kN/m <sup>2</sup> )	$\phi$ (°)	C'ref (kN/m <sup>3</sup> )
0 - (-16)	Lempung Lanau II	20,29	16	18	8000	0,25	155	38	-
-16 - (-22)	Lempung Pasiran	27,3	16	18	36250	0,25	330	45	-
-22 - (-40)	Pasir Kerikilan	55,4	20	20	140000	0,3	-	45	200

*Sumber : Hasil Analisa*

Data tanah tersebut digunakan sebagai variasi korelasi parameter tanah pada simulasi numerik.

### 1.2.2 Parameter Timbunan Tanah Pasir

Analisa penentuan parameter tanah pasir dilakukan untuk mendapatkan hasil analisa yang digunakan sebagai timbunan sebelum pengerjaan perkerasan pada taxiway.

- **Sifat fisik tanah pasir timbunan :**

E	= 17500 (kN/m <sup>3</sup> )
v (nu)	= 0,55
C	= 5 (kN/m <sup>3</sup> )
Ø	= 30°

- **Geometri Timbunan**

Tinggi tanah timbunan (Hfinal) direncanakan 0,5 m dengan panjang area timbunan 60 m setelah proses pemancangan dilakukan.

### 1.2.3 Parameter Perkerasan

Analisa penentuan parameter perkerasan dilakukan untuk mendapatkan hasil analisa yang digunakan sebagai pekerjaan perkerasan pada taxiway.

- **Sifat fisik pekerasan :**

E	= 150000 (kN/m <sup>2</sup> )
v (nu)	= 0,15



### 1.3 Data Spesifikasi Bahan

#### 1.3.1 Data Spun Pile

Tiang pancang yang direncanakan adalah menggunakan alternatif jenis tiang dengan spesifikasi WKA Beton Pile sebagai berikut :

- Diameter tiang : 600 mm
- Tebal tiang : 100 mm
- Kelas : C
- Luas Beton : 1571 cm<sup>2</sup>
- Weight : 393 kg/m
- Bending moment Crack : 29 tm
- Bending moment Ultimate : 58 tm
- P<sub>ijin bahan</sub> : 229,50 ton
- Jarak antar tiang : 1,5 m
- Kedalaman tiang : 28 m
- Alat pemancangan tiang : HSPD 420

(tekanan maksimum 420 ton bisa untuk memancang tiang pancang kotak ukuran 20x20 cm sampai 55x55 cm, dan spun pile ukuran diameter 30 sampai 60 cm).

#### 1.4 Data Beban

Taxiway akan dibebani dengan beban pesawat dan beban perkerasan. Untuk beban total sebesar 11 t/m<sup>2</sup> yang dapat dilihat pada Tabel 4.3.

**Tabel 4.3 Data Asumsi Beban**

Lapis	Tebal	Berat Isi	Tegangan
	[m]	[kN/m <sup>3</sup> ]	[kPa]
AC-WC	0,050	24,00	1,20
AC-BC	0,075	24,00	1,80

CTBC	0,300	24,00	7,20
Base A	0,300	22,00	6,60
Base B	0,875	22,00	19,25
Beban Mati			36,05
Beban Pesawat			73,95
<b>Total</b>			<b>110,0</b>

*Sumber : Data Proyek Connection NPI-Secondary Apron Bandara Soekarno-Hatta*

#### **1.4.1 Konsep Beban Pesawat**

Beban pesawat yang digunakan dalam pembebanan pada *taxiway* merupakan pesawat paling besar yang bertujuan untuk sebagai acuan data asumsi pembebanan perkerasan *taxiway*. Pesawat yang digunakan adalah pesawat *Aircraft type A-380-800* untuk mengetahui distribusi tegangan merata.

**Tabel 4.4 Karakteristik Pesawat**

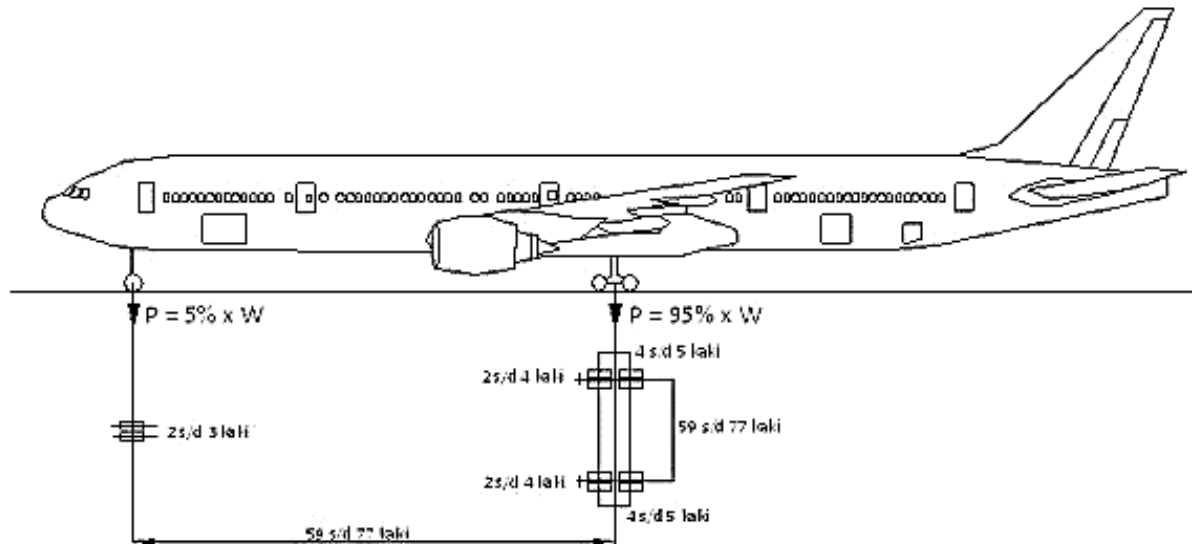
<b>Aircraft</b>	<b>Manufactur</b>	<b>Wingspan</b>	<b>Length</b>	<b>Wheel Base</b>	<b>MSTOW (lb)</b>	<b>MLW (lb)</b>	<b>Runway Length (ft)</b>
A-380-800	Airbus Industri	261'08"	239'03"	99'08"	1,235,000	850000	10000
A-330-200	Airbus Industri	197'10"	193'7"	55'2"	509047	396900	7280
A-300-600	Airbus Industri	147'01"	175'06"	61'01"	363765	304240	7600
A-310-300	Airbus Industri	144'00"	153'01"	49'11"	330690	271170	7575
A-300-B2	Airbus Industri	144'31'	173' 3"	48'15"	315041	335	7400
A-320-200	Airbus Industri	111'03"	123'03"	41'05"	158730	134480	5630
A-340-200	Airbus Industri	197'10	195'00"	62'11"	558900	399000	7600
B-727-200	Boeing	108'00"	153'02"	63'03"	184800	150000	8600
B-737-200	Boeing	93'00"	100'02"	37'04"	100000	95000	5600
B-737-300	Boeing	94'09"	109'07"	40'10"	140000	114000	6300
B-737-400	Boeing	94'09"	109'07"	46'10"	138500	121000	7300
B-737-500	Boeing	94'09"	101'09"	36'04"	115500	110000	5100
B-747-100	Boeing	195'08"	231'10"	84'00"	710000	564000	9500
B-747-200B	Boeing	195'08"	231'10"	84'00"	775000	564000	12200
B-747-300	Boeing	195'08"	231'10"	84'00"	710000	564000	7700

B-747-400	Boeing	213'00"	231'10"	84'00"	877000	574000	5800
B-747SP	Boeing	195'08"	184'09"	67'04"	630000	450000	6000
B-757-200	Boeing	124'10"	155'03"	60'00"	220000	198000	8000
B-767-200	Boeing	156'01"	159'02"	67'04"	315000	272000	8700
B-767-300	Boeing	156'01"	180'03"	74'08"	345000	300000	10000
B-777-200	Boeing	199'11"	209'01"	84'11"	535000	445000	5530
DC-8-73	McDonnell-Douglas	148'05"	187'05"	77'06"	355000	258000	7100
DC-9-32	McDonnell-Douglas	95'04"	119'04"	53'02"	121000	110000	7250
DC-9-51	McDonnell-Douglas	93'04"	133'07"	60'11"	121000	110000	7600
MD-81	McDonnell-Douglas	107'10"	147'10"	72'05"	140000	128000	6800
MD-87	McDonnell-Douglas	107'10"	130'05"	62'11"	149500	130000	9000
MD-90-30	McDonnell-Douglas	107'10"	152'07"	77'02"	156000	142000	9290
DC-10-10	McDonnell-Douglas	155'04"	182'03"	72'05"	458000	363500	14500

DC-10-30	McDonnell-Douglas	165'04"	182'03"	72'05"	572000	403000	9800
DC-10-40	McDonnell-Douglas	165'04"	182'03"	72'05"	555000	403000	9200
MD-11	McDonnell-Douglas	170'06"	201'04"	80'09"	602500	430000	6900
L-1011-550	Lockheed	164'04"	164'03"	61'08"	510000	368000	5200
BAe111-500	British Aerospace	93'06"	107'00"	41'05"	119048	109127	11300
F-100	Fokker	92'03"	116'52"	45'93"	101000	88000	5561
F-28-1000	Fokker	77'4"	89'11"	58'9"	66500	44434	5350
F-28-4000	Fokker	82'0"	97'02"	33'11"	73000	69500	10830
Single Wheel-30	Single Wheel	70'2"	84'8"	30'5"	30000	30000	3475

*Sumber : Planning & Design of Airport, Robert Horonjeft, Francis X Mc Kelvey*


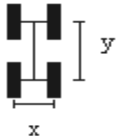
*\*MSTOW = Maximum Structural Take Off Weight, MLW = Maximum Landing Weight*

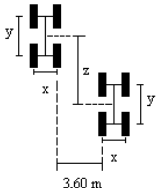


**Gambar 4.1 Konfigurasi Roda Pendaratan Untuk Pesawat Roda Tandem Ganda**

*Sumber: Yang, 1984*

**Tabel 4.5 Konfigurasi Roda Pesawat**

No.	Konfigurasi Roda Pendarat Utama	Distribusi Beban pada masing-masing roda pendarat utama	Tipe Pesawat terbang rencana	Ukuran (m)		
				x	y	z
1.	Single Wheel Gear 	47,5%	DC-9 B-737 B-727	0,64 0,78 0,86		
2.	Dual Wheel Gear 	47,5%	DC-8 DC-10 B-720B B-707-120B B-707-320B A-300B	0,80 1,40 0,80 0,86 0,86 0,89	1,40 1,62 1,24 1,40 1,40 1,40	

3.	<p data-bbox="325 191 574 219">Tandem Dual Wheel</p> 	23,75%	<p data-bbox="927 180 1054 204">B-747-300</p> <p data-bbox="927 213 1054 238">B-747-400</p> <p data-bbox="927 247 1054 272">B-747-SP</p> <p data-bbox="906 281 1075 305">Airbus A-380</p>	1,10	1,47	3,00
				1,10	1,47	3,00
				1,10	1,47	3,00
				1,10	1,47	3,00

*Sumber : Buku Merancang, Merencana Lapangan Terbang, Ir.Heru Basuki*



- **Perhitungan Beban Pesawat**

Tipe Pesawat	= A-380-800
Konfigurasi roda	= Sumbu Tandem Roda Ganda (Dual Tandem)
MSTOW	= 1235000 lb = 618 T
MLW	= 850000 lb = 425 T

Karakteristik pada pesawat **A-380-800** dapat dilihat pada Tabel 4.4. serta pada konfigurasi roda dapat dilihat pada Gambar 4.1 dan Tabel 4.5.

$$\begin{aligned}
 P_1 &= 95\% \times 618 \text{ T} \\
 &= 586,625 \text{ T (Kondisi Take Off)} \\
 P_2 &= 95\% \times 425 \text{ T} \\
 &= 403,75 \text{ T (Kondisi Landing)}
 \end{aligned}$$

**Luas Area:**



$$\begin{aligned}
 \text{Panjang} &= 77 \text{ ft} \\
 &= 17,98 \text{ m} \\
 \text{Lebar} &= 4,7 \text{ m} \\
 \text{Luas Area (A)} &= p \times l \\
 &= 17,98 \text{ m} \times 4,7 \text{ m} \\
 &= 84,52 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

**Perhitungan:**

$$\begin{aligned}
 q_1 &= \frac{586,63}{84,52} \\
 &= 7,305 \text{ t/m}^2 \\
 &= 73,05 \text{ kN/m}^2 \\
 &\text{(kondisi } Take \text{ Off)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 q_2 &= \frac{366,61}{104,03} \\
 &= 5,028 \text{ t/m}^2 \\
 &= 50,28 \text{ kN/m}^2 \\
 &\text{(kondisi } Landing)
 \end{aligned}$$

Kesimpulan dari konsep perhitungan beban pesawat diatas yang telah dihitung menunjukkan hasil 73,05 kN/m<sup>2</sup> dengan pesawat **A-380-300** pada kondisi *Take Off* (diambil beban terberat) sesuai dengan data asumsi beban pesawat pada *Proyek Connection NPI-Secondary Apron Bandara Soekarno-Hatta* yaitu 73,95 kN/m<sup>2</sup> **(OK)**.

## BAB V

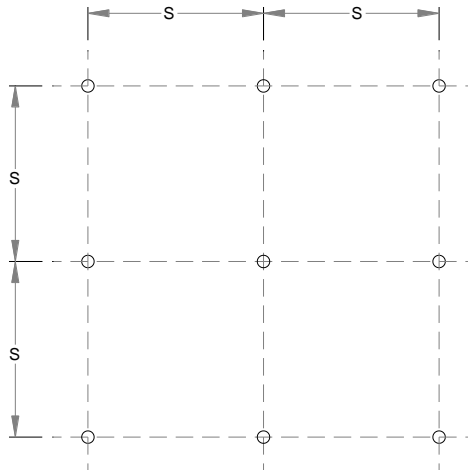
### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 5.1 Perhitungan Daya Dukung Tiang Pancang

Perhitungan kapasitas daya dukung tiang pancang dari data SPT memakai metode Meyerhoff dari data yang diambil pada proyek berikut ini :

$$Q_{ult} = Q_p + Q_s$$

Konfigurasi tiang pancang untuk perbaikan tanah di taxiway menggunakan pola persegi, dapat dilihat pada Gambar 5.1.



**Gambar 5.1 Konfigurasi Tiang Pancang pada Taxiway**

*Sumber : Data Proyek Connection NP1-Secondary Apron Bandara Soekarno-Hatta*

Jarak optimal antara tiang adalah  $2,5d - 3d$ .

$d$  = diameter tiang

= 0,6 m

$x$  = Jarak tiang terhadap sumbu  $x$  (m)

= 1,5 m

$y$  = Jarak tiang terhadap sumbu  $y$  (m)

= 1,5 m

$n$  = jumlah tiang

= 66

### 5.1.1 Hasil Perhitungan Tahanan Geser Selimut Tiang Pancang pada Titik BH-07

Untuk menghitung tahanan geser selimut tiang pancang non-kohefif dan kohefif. Tahanan geser selimut tiang pancang dihitung dengan rumus *Meyerhoff* :

- Tahanan geser selimut tiang pancang pada tanah non-kohefif

$$Q_s = 2 \times N_{SPT} \times p \times Li$$

- Tahanan geser selimut tiang pada tanah kohefif

$$Q_s = \alpha \times C_u \times p \times Li$$

$N_{SPT}$  = Jumlah pukulan yang diperlukan dari percobaan SPT

=  $N_{SPT}$  memakai Norr =  $(N_1 + N_2)/2$

=  $N_1$  adalah nilai  $N_{rata-rata}$  10D

=  $N_2$  adalah  $N_{rata-rata}$  4D

$Li$  = Tebal lapisan tanah ke -  $i$  (m)

$p$  = Keliling tiang (m)

$\alpha$  = Koefisien adhesi antara tanah dan tiang

$C_u$  = Kohesi undrained ( $kN/m^2$ ) =  $N_{SPT} \times 2/3 \times 10$

Pada titik BH-07 direncanakan tiang pancang, sebagai berikut :

Data pada tiang pancang di titik BH-07 :

$$\text{Diameter tiang} = \varnothing 600 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}\text{Keliling tiang pancang (p)} &= 2\pi r \\ &= 2 \times 3,14 \times 300 \text{ mm} \\ &= 1884 \text{ mm} \\ &= 1,88 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Luas tiang pancang (Ap)} &= \pi r^2 \\ &= 3,14 \times 300^2 \text{ mm}^2 \\ &= 282600 \text{ mm}^2 \\ &= 0,28 \text{ m}^2\end{aligned}$$

Tahanan geser selimut tiang ( $Q_s$ ) :

- Tanah non-kohefif

$$\begin{aligned}Q_s &= 2 \times N_{SPT} \times p \times Li \\ &= 2 \times 60 \times 1,88 \times 1 \\ &= 226,08 \text{ kN}\end{aligned}$$

- Tanah kohefif

$$\begin{aligned}Q_s &= \alpha \times C_u \times p \times Li \\ &= 0,71 \times 93,33 \times 1,88 \times 1 \\ &= 123,97 \text{ kN}\end{aligned}$$

**Tabel 5.1 Perhitungan Tahanan Geser Selimut Tiang Pancang  
pada Titik BH-07**

Depth	Tanah	N- SPT	Cu	$\alpha$	Qs
(m)			(kN/m <sup>2</sup> )		(kN)
0	CLAY	0,00	0,00	0,00	0,00
-1	CLAY	14,00	93,33	0,71	123,97
-2	CLAY	28,00	186,67	0,53	186,39
-3	CLAY	26,50	176,67	0,55	181,40
-4	CLAY	25,00	166,67	0,59	185,26
-5	CLAY	25,50	170,00	0,54	172,95
-6	CLAY	26,00	173,33	0,54	175,36
-7	CLAY	20,00	133,33	0,69	173,33
-8	CLAY	14,00	93,33	0,71	123,97
-9	CLAY	21,50	143,33	0,62	166,88
-10	CLAY	29,00	193,33	0,53	191,95
-11	CLAY	38,50	256,67	0,51	246,62
-12	CLAY	48,00	320,00	0,50	301,44
-13	CLAY	49,50	330,00	0,50	310,86
-14	CLAY	51,00	340,00	0,50	320,28
-15	CLAY	52,00	346,67	0,50	326,56
-16	CLAY	53,00	353,33	0,50	332,84
-17	CLAY	53,50	356,67	0,50	335,98
-18	CLAY	54,00	360,00	0,50	339,12
-19	CLAY	56,00	373,33	0,50	351,68
-20	CLAY	58,00	386,67	0,50	364,24
-21	CLAY	54,00	360,00	0,50	339,12
-22	SAND	50,00	333,33	-	188,40

-23	SAND	54,00	360,00	-	203,47
-24	SAND	58,00	386,67	-	218,54
-25	SAND	59,00	393,33	-	222,31
-26	SAND	60,00	400,00	-	226,08
-27	SAND	60,00	400,00	-	226,08
<b>-28</b>	<b>SAND</b>	<b>60,00</b>	<b>400,00</b>	<b>-</b>	<b>226,08</b>
-29	SAND	60,00	400,00	-	226,08
-30	SAND	60,00	400,00	-	226,08

*Sumber : Hasil Perhitungan*

Dari perhitungan tahanan geser selimut tiang pancang yang terjadi didapatkan tahanan geser selimut tiang non-kohefif terbesar adalah 226,08 kN pada NSPT >60, sedangkan tahanan geser selimut tiang kohesif terbesar adalah 364,24 kN pada NSPT 20.

### 5.1.2 Hasil Perhitungan Tahanan Geser Selimut Tiang Pancang pada Titik BH-08

Pada titik BH-08 direncanakan tiang pancang, sebagai berikut :

Data pada tiang pancang di titik BH-08 :

Diameter tiang  $= \varnothing 600 \text{ mm}$

Keliling tiang pancang ( $p$ )  $= 2\pi r$   
 $= 2 \times 3,14 \times 300 \text{ mm}$   
 $= 1884 \text{ mm}$   
 $= 1,88 \text{ m}$

Luas tiang pancang ( $A_p$ )  $= \pi r^2$   
 $= 3,14 \times 300^2 \text{ mm}^2$   
 $= 282600 \text{ mm}^2$   
 $= 0,28 \text{ m}^2$

Tahanan geser selimut tiang ( $Q_s$ ) :

- Tanah non-koheisif

$$\begin{aligned} Q_s &= 2 \times N_{SPT} \times p \times Li \\ &= 2 \times 60 \times 1,88 \times 1 \\ &= 226,08 \text{ kN} \end{aligned}$$

- Tanah kohesif

$$\begin{aligned} Q_s &= \alpha \times C_u \times p \times Li \\ &= 0,71 \times 73,33 \times 1,88 \times 1 \\ &= 98,09 \text{ kN} \end{aligned}$$



**Tabel 5.2 Perhitungan Tahanan Geser Selimut Tiang Pancang pada Titik BH-08**

Depth (m)	Tanah	N- SPT	Cu	$\alpha$	Qs
			(kN/m <sup>2</sup> )		(kN)
0	CLAY	0,00	0,00	0,00	0,00
-1	CLAY	11,00	73,33	0,71	98,09
-2	CLAY	22,00	146,67	0,62	171,32
-3	CLAY	23,00	153,33	0,57	164,66
-4	CLAY	24,00	160,00	0,60	180,86
-5	CLAY	23,00	153,33	0,57	164,66
-6	CLAY	22,00	146,67	0,62	171,32
-7	CLAY	17,00	113,33	0,65	138,79
-8	CLAY	12,00	80,00	0,70	105,50
-9	CLAY	17,00	113,33	0,65	138,79
-10	CLAY	22,00	146,67	0,64	176,84
-11	CLAY	18,50	123,33	0,68	158,00
-12	CLAY	15,00	100,00	0,72	135,65
-13	CLAY	20,00	133,33	0,69	173,33
-14	CLAY	25,00	166,67	0,59	185,26
-15	CLAY	24,00	160,00	0,60	180,86
-16	CLAY	23,00	153,33	0,57	164,66
-17	CLAY	25,50	170,00	0,54	172,95
-18	CLAY	28,00	186,67	0,53	186,39
-19	CLAY	29,50	196,67	0,53	194,52
-20	CLAY	31,00	206,67	0,52	202,47
-21	CLAY	41,50	276,67	0,51	263,23

-22	SAND	52,00	346,67	-	195,94
-23	SAND	54,00	360,00	-	203,47
-24	SAND	56,00	373,33	-	211,01
-25	SAND	50,50	336,67	-	190,28
-26	SAND	45,00	300,00	-	169,56
-27	SAND	45,50	303,33	-	171,44
<b>-28</b>	<b>SAND</b>	<b>46,00</b>	<b>306,67</b>	<b>-</b>	<b>173,33</b>
-29	SAND	60,00	400,00	-	226,08
-30	SAND	60	400,00	-	226,08

Sumber : Hasil Perhitungan

Dari perhitungan tahanan geser selimut tiang pancang yang terjadi didapatkan tahanan geser selimut tiang non-kohefif terbesar adalah 226,08 kN pada NSPT >60, sedangkan tahanan geser selimut tiang kohefif terbesar adalah 263,23 kN pada NSPT 21.

### 5.1.3 Hasil Perhitungan Daya Dukung Ujung Tiang Pancang pada Titik BH-07

Untuk menghitung daya dukung tiang pancang non-kohefif dan kohefif. Daya dukung ujung tiang pancang dihitung dengan rumus *Meyerhoff* :

- Daya dukung ujung tiang pada tanah non-kohefif  

$$Q_p = 40 \times N_{SPT} \times \frac{L_b}{D} \times A_p \leq 400 \times N_{SPT} \times A_p$$
- Daya dukung ujung tiang pada tanah kohefif untuk tiang pancang dan tiang bor  

$$Q_p = 9 \times C_u \times p \times Li$$

$Q_p$  = Tahanan ujung ultimate (kN)

$A_p$  = Luas penampang tiang pancang (m<sup>2</sup>)

$$\begin{aligned}
N_{SPT} &= \text{Jumlah pukulan yang diperlukan dari percobaan SPT} \\
&= N_{SPT} \text{ memakai Norr} = (N_1 + N_2)/2 \\
&= N_1 \text{ adalah nilai } N_{rata-rata} \text{ } 10D \\
&= N_2 \text{ adalah } N_{rata-rata} \text{ } 4D \\
D &= \text{Diameter tiang pancang (m)} \\
L_b &= \text{Tebal lapisan tanah kumulatif (m)} \\
L_i &= \text{Tebal lapisan tanah ke - i (m)} \\
p &= \text{Keliling tiang (m)} \\
C_u &= \text{Kohesi undrained (kN/m}^2\text{)} = N_{SPT} \times 2/3 \times 10
\end{aligned}$$

Pada titik BH-07 direncanakan tiang pancang, sebagai berikut :  
 Data pada tiang pancang di titik BH-07 :

$$\begin{aligned}
\text{Diameter tiang} &= \varnothing 600 \text{ mm} \\
\text{Keliling tiang pancang (p)} &= 2\pi r \\
&= 2 \times 3,14 \times 300 \text{ mm} \\
&= 1884 \text{ mm} \\
&= 1,88 \text{ m} \\
\\
\text{Luas tiang pancang (A}_p\text{)} &= \pi r^2 \\
&= 3,14 \times 300^2 \text{ mm}^2 \\
&= 282600 \text{ mm}^2 \\
&= 0,28 \text{ m}^2
\end{aligned}$$

Daya dukung ujung tiang ( $Q_p$ ) :

- Tanah non-kohesif

$$\begin{aligned}
Q_p &= 40 \times N_{SPT} \times \frac{L_b}{D} \times A_p \leq 400 \times N_{SPT} \times A_p \\
&= 40 \times 60 \times \frac{5}{0,6} \times 0,28 \leq 400 \times 60 \times 0,28 \\
&= 7912,80 \text{ kN} \leq 6720 \text{ kN} \quad \textbf{(OK)}
\end{aligned}$$

- Tanah kohesif

$$\begin{aligned}
Q_p &= 9 \times C_u \times p \times L_i \\
&= 9 \times 93,33 \times 1,88 \times 1 \\
&= 237,38 \text{ kN}
\end{aligned}$$

**Tabel 5.3 Perhitungan Daya Dukung Ujung Tiang pada Titik BH-07**

Depth (m)	Tanah	N- SPT	Cu (kN/m <sup>2</sup> )	$\alpha$	Qp (kN)
0	CLAY	0,00	0,00	0,00	0,00
-1	CLAY	14,00	93,33	0,71	237,38
-2	CLAY	28,00	186,67	0,53	474,77
-3	CLAY	26,50	176,67	0,55	449,33
-4	CLAY	25,00	166,67	0,59	423,90
-5	CLAY	25,50	170,00	0,54	432,38
-6	CLAY	26,00	173,33	0,54	440,86
-7	CLAY	20,00	133,33	0,69	339,12
-8	CLAY	14,00	93,33	0,71	237,38
-9	CLAY	21,50	143,33	0,62	364,55
-10	CLAY	29,00	193,33	0,53	491,72
-11	CLAY	38,50	256,67	0,51	652,81
-12	CLAY	48,00	320,00	0,50	813,89
-13	CLAY	49,50	330,00	0,50	839,32
-14	CLAY	51,00	340,00	0,50	864,76
-15	CLAY	52,00	346,67	0,50	881,71
-16	CLAY	53,00	353,33	0,50	898,67
-17	CLAY	53,50	356,67	0,50	907,15
-18	CLAY	54,00	360,00	0,50	915,62
-19	CLAY	56,00	373,33	0,50	949,54

-20	CLAY	58,00	386,67	0,50	983,45
-21	CLAY	54,00	360,00	0,50	915,62
-22	SAND	50,00	333,33	-	479,18
-23	SAND	54,00	360,00	-	2034,72
-24	SAND	58,00	386,67	-	3278,16
-25	SAND	59,00	393,33	-	4446,24
-26	SAND	60,00	400,00	-	5652,00
-27	SAND	60,00	400,00	-	6782,40
<b>-28</b>	<b>SAND</b>	<b>60,00</b>	<b>400,00</b>	<b>-</b>	<b>7912,80</b>
-29	SAND	60,00	400,00	-	9043,20
-30	SAND	60,00	400,00	-	10173,60

*Sumber : Hasil Perhitungan*

Dari perhitungan daya dukung ujung tiang yang terjadi didapatkan daya dukung ujung tiang non-kohefif terbesar adalah 7912,80 kN pada NSPT >60, sedangkan daya dukung ujung tiang kohefif terbesar adalah 983,45 kN pada NSPT 20.

#### **5.1.4 Hasil Perhitungan Tahanan Geser Selimut Tiang Pancang pada Titik BH-08**

Pada titik BH-07 direncanakan tiang pancang, sebagai berikut :  
Data pada tiang pancang di titik BH-07 :

Diameter tiang  $= \varnothing 600 \text{ mm}$   
 Keliling tiang pancang (p)  $= 2\pi r$   
 $= 2 \times 3,14 \times 300 \text{ mm}$   
 $= 1884 \text{ mm}$   
 $= 1,88 \text{ m}$

$$\begin{aligned}
 \text{Luas tiang pancang } (A_p) &= \pi r^2 \\
 &= 3,14 \times 300^2 \text{ mm}^2 \\
 &= 282600 \text{ mm}^2 \\
 &= 0,28 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Daya dukung ujung tiang ( $Q_p$ ) :

• Tanah non-kohefif

$$\begin{aligned}
 Q_p &= 40 \times N_{SPT} \times \frac{L_b}{D} \times A_p \leq 400 \times N_{SPT} \times A_p \\
 &= 40 \times 46 \times \frac{7}{0,6} \times 0,28 \leq 400 \times 46 \times 0,28 \\
 &= 6066,48 \text{ kN} \leq 5152 \text{ kN} \quad \textbf{(OK)}
 \end{aligned}$$

• Tanah kohesif

$$\begin{aligned}
 Q_p &= 9 \times C_u \times p \times Li \\
 &= 9 \times 73,33 \times 1,88 \times 1 \\
 &= 186,52 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

**Tabel 5.4 Perhitungan Daya Dukung Ujung Tiang pada Titik BH-08**

Depth (m)	Tanah	N- SPT	Cu	$\alpha$	Qp
			(kN/m <sup>2</sup> )		(kN)
0	CLAY	0,00	0,00	0,00	0,00
-1	CLAY	11,00	73,33	0,71	186,52
-2	CLAY	22,00	146,67	0,62	373,03
-3	CLAY	23,00	153,33	0,57	389,99
-4	CLAY	24,00	160,00	0,60	406,94
-5	CLAY	23,00	153,33	0,57	389,99
-6	CLAY	22,00	146,67	0,62	373,03
-7	CLAY	17,00	113,33	0,65	288,25
-8	CLAY	12,00	80,00	0,70	203,47
-9	CLAY	17,00	113,33	0,65	288,25
-10	CLAY	22,00	146,67	0,64	373,03
-11	CLAY	18,50	123,33	0,68	313,69
-12	CLAY	15,00	100,00	0,72	254,34
-13	CLAY	20,00	133,33	0,69	339,12
-14	CLAY	25,00	166,67	0,59	423,90
-15	CLAY	24,00	160,00	0,60	406,94
-16	CLAY	23,00	153,33	0,57	389,99
-17	CLAY	25,50	170,00	0,54	432,38
-18	CLAY	28,00	186,67	0,53	474,77
-19	CLAY	29,50	196,67	0,53	500,20
-20	CLAY	31,00	206,67	0,52	525,64
-21	CLAY	41,50	276,67	0,51	703,67
-22	SAND	52,00	346,67	-	979,68

-23	SAND	54,00	360,00	-	2034,72
-24	SAND	56,00	373,33	-	3165,12
-25	SAND	50,50	336,67	-	3805,68
-26	SAND	45,00	300,00	-	4239,00
-27	SAND	45,50	303,33	-	5143,32
<b>-28</b>	<b>SAND</b>	<b>46,00</b>	<b>306,67</b>	<b>-</b>	<b>6066,48</b>
-29	SAND	60,00	400,00	-	9043,20
-30	SAND	60	400,00	-	10173,60

*Sumber : Hasil Perhitungan*

Dari perhitungan daya dukung ujung tiang yang terjadi didapatkan daya dukung ujung tiang non-kohefif terbesar adalah 6066,48 kN pada NSPT >60, sedangkan daya dukung ujung tiang kohefif terbesar adalah 703,67 kN pada NSPT 21.

### 5.1.5 Perhitungan Kapasitas Daya Dukung Aksial pada Titik BH-07

Untuk menghitung kapasitas daya dukung dibedakan atas daya dukung ujung dan daya dukung gesek. Apabila daya dukung keduanya dimobilisasikan akan didapatkan :

$$Q_{ult} = Q_p + Q_s$$

Dari kapasitas daya dukung aksial ultimate maka kita bisa mendapatkan kapasitas daya dukung aksial izin sebagai berikut :

$$Q_{all} = \frac{Q_{ult}}{SF}$$



- $Q_{ult}$  = Kapasitas daya dukung maksimum atau ultimate  
 $Q_s$  = Kapasitas daya dukung gesek (*skin friction*) yang didapat dari gaya geser atau gaya adhesi antara tiang dengan tanah  
 $Q_p$  = Kapasitas daya dukung ujung (*end bearing*) yang didapat dari tanah dibawah ujung pondasi tiang  
 $Q_{all}$  = Kapasitas daya dukung izin tiang pancang  
 $SF$  = Faktor keamanan (*safety factor*) yang digunakan  
 = 2,5

Kapasitas daya dukung aksial ( $Q_{ult}$ ) :

$$\begin{aligned}
 Q_{ult} &= Q_p + Q_s \\
 &= 226,08 + 7912,80 \\
 &= 8138,95 \text{ kN} \\
 &= 829,94 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{all} &= \frac{Q_{ult}}{SF} \\
 &= \frac{829,94}{2,5}
 \end{aligned}$$

$$= 254,51 \text{ ton}$$

**Tabel 5.5 Perhitungan Kapasitas Daya Dukung Aksial pada Titik BH-07**

<b>Depth (m)</b>	<b>Tanah</b>	<b>N-SPT</b>	<b>Cu (kN/m<sup>2</sup>)</b>	<b><math>\alpha</math></b>	<b>Qs (kN)</b>	<b>Qp (kN)</b>	<b>Qu (kN)</b>	<b>Qall (ton)</b>
0	CLAY	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
-1	CLAY	14,00	93,33	0,71	123,97	237,38	361,35	14,74
-2	CLAY	28,00	186,67	0,53	186,39	474,77	661,16	26,97
-3	CLAY	26,50	176,67	0,55	181,40	449,33	630,74	25,73
-4	CLAY	25,00	166,67	0,59	185,26	423,90	609,17	24,85
-5	CLAY	25,50	170,00	0,54	172,95	432,38	605,33	24,69
-6	CLAY	26,00	173,33	0,54	175,36	440,86	616,22	25,13
-7	CLAY	20,00	133,33	0,69	173,33	339,12	512,45	20,90
-8	CLAY	14,00	93,33	0,71	123,97	237,38	361,35	14,74
-9	CLAY	21,50	143,33	0,62	166,88	364,55	531,44	21,68
-10	CLAY	29,00	193,33	0,53	191,95	491,72	683,68	27,89
-11	CLAY	38,50	256,67	0,51	246,62	652,81	899,43	36,69
-12	CLAY	48,00	320,00	0,50	301,44	813,89	1115,34	45,49
-13	CLAY	49,50	330,00	0,50	310,86	839,32	1150,19	46,91
-14	CLAY	51,00	340,00	0,50	320,28	864,76	1185,05	48,34
-15	CLAY	52,00	346,67	0,50	326,56	881,71	1208,28	49,28

-16	CLAY	53,00	353,33	0,50	332,84	898,67	1231,52	50,23
-17	CLAY	53,50	356,67	0,50	335,98	907,15	1243,14	50,71
-18	CLAY	54,00	360,00	0,50	339,12	915,62	1254,76	51,18
-19	CLAY	56,00	373,33	0,50	351,68	949,54	1301,23	53,08
-20	CLAY	58,00	386,67	0,50	364,24	983,45	1347,70	54,97
-21	CLAY	54,00	360,00	0,50	339,12	915,62	1254,76	51,18
-22	SAND	50,00	333,33	-	188,40	479,18	667,58	27,23
-23	SAND	54,00	360,00	-	203,47	2034,72	2238,21	91,29
-24	SAND	58,00	386,67	-	218,54	3278,16	3496,73	142,63
-25	SAND	59,00	393,33	-	222,31	4446,24	4668,59	190,42
-26	SAND	60,00	400,00	-	226,08	5652,00	5878,13	239,76
-27	SAND	60,00	400,00	-	226,08	6782,40	7008,54	285,87
<b>-28</b>	<b>SAND</b>	<b>60,00</b>	<b>400,00</b>	<b>-</b>	<b>226,08</b>	<b>7912,80</b>	<b>8138,95</b>	<b>331,98</b>
-29	SAND	60,00	400,00	-	226,08	9043,20	9269,36	378,08
-30	SAND	60,00	400,00	-	226,08	10173,60	10399,77	424,19

*Sumber : Hasil Perhitungan*

### 5.1.6 Perhitungan Kapasitas Daya Dukung Aksial pada Titik BH-08

Untuk menghitung kapasitas daya dukung dibedakan atas daya dukung ujung dan daya dukung gesek. Apabila daya dukung keduanya dimobilisasikan akan didapatkan :

$$Q_{ult} = Q_p + Q_s$$

Dari kapasitas daya dukung aksial ultimate maka kita bisa mendapatkan kapasitas daya dukung aksial izin sebagai berikut :

$$Q_{all} = \frac{Q_{ult}}{SF}$$

$Q_{ult}$  = Kapasitas daya dukung maksimum atau ultimate

$Q_s$  = Kapasitas daya dukung gesek (*skin friction*) yang didapat dari gaya geser atau gaya adhesi antara tiang dengan tanah

$Q_p$  = Kapasitas daya dukung ujung (*end bearing*) yang didapat dari tanah dibawah ujung pondasi tiang

$Q_{all}$  = Kapasitas daya dukung izin tiang pancang

SF = Faktor keamanan (*safety factor*) yang digunakan  
= 2,5

Kapasitas daya dukung aksial ( $Q_{ult}$ ) :

$$\begin{aligned} Q_{ult} &= Q_p + Q_s \\ &= 173,33 + 6066,48 \\ &= 6239,86 \text{ kN} \\ &= 636,29 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{all} &= \frac{Q_{ult}}{SF} \\ &= \frac{636,29}{2,5} \\ &= 254,51 \text{ ton} \end{aligned}$$

**Tabel 5.6 Perhitungan Kapasitas Daya Dukung Aksial pada Titik BH-08**

<b>Depth (m)</b>	<b>Tanah</b>	<b>N-SPT</b>	<b>Cu (kN/m<sup>2</sup>)</b>	<b><math>\alpha</math></b>	<b>Qs (kN)</b>	<b>Qp (kN)</b>	<b>Qult (kN)</b>	<b>Qall (ton)</b>
0	CLAY	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
-1	CLAY	11,00	73,33	0,71	98,09	186,52	284,61	11,61
-2	CLAY	22,00	146,67	0,62	171,32	373,03	544,36	22,20
-3	CLAY	23,00	153,33	0,57	164,66	389,99	554,65	22,62
-4	CLAY	24,00	160,00	0,60	180,86	406,94	587,81	23,98
-5	CLAY	23,00	153,33	0,57	164,66	389,99	554,65	22,62
-6	CLAY	22,00	146,67	0,62	171,32	373,03	544,36	22,20
-7	CLAY	17,00	113,33	0,65	138,79	288,25	427,04	17,42
-8	CLAY	12,00	80,00	0,70	105,50	203,47	308,98	12,60
-9	CLAY	17,00	113,33	0,65	138,79	288,25	427,04	17,42
-10	CLAY	22,00	146,67	0,64	176,84	373,03	549,88	22,43
-11	CLAY	18,50	123,33	0,68	158,00	313,69	471,69	19,24
-12	CLAY	15,00	100,00	0,72	135,65	254,34	389,99	15,91
-13	CLAY	20,00	133,33	0,69	173,33	339,12	512,45	20,90
-14	CLAY	25,00	166,67	0,59	185,26	423,90	609,17	24,85
-15	CLAY	24,00	160,00	0,60	180,86	406,94	587,81	23,98
-16	CLAY	23,00	153,33	0,57	164,66	389,99	554,65	22,62
-17	CLAY	25,50	170,00	0,54	172,95	432,38	605,33	24,69

-18	CLAY	28,00	186,67	0,53	186,39	474,77	661,16	26,97
-19	CLAY	29,50	196,67	0,53	194,52	500,20	694,73	28,34
-20	CLAY	31,00	206,67	0,52	202,47	525,64	728,11	29,70
-21	CLAY	41,50	276,67	0,51	263,23	703,67	966,91	39,44
-22	SAND	52,00	346,67	-	195,94	979,68	1175,63	47,95
-23	SAND	54,00	360,00	-	203,47	2034,72	2238,21	91,29
-24	SAND	56,00	373,33	-	211,01	3165,12	3376,16	137,71
-25	SAND	50,50	336,67	-	190,28	3805,68	3996,00	162,99
-26	SAND	45,00	300,00	-	169,56	4239,00	4408,60	179,82
-27	SAND	45,50	303,33	-	171,44	5143,32	5314,81	216,78
<b>-28</b>	<b>SAND</b>	<b>46,00</b>	<b>306,67</b>	<b>-</b>	<b>173,33</b>	<b>6066,48</b>	<b>6239,86</b>	<b>254,51</b>
-29	SAND	60,00	400,00	-	226,08	6782,40	7008,54	285,87
-30	SAND	60,00	400,00	-	226,08	6782,40	7008,54	285,87

*Sumber : Hasil Perhitungan*

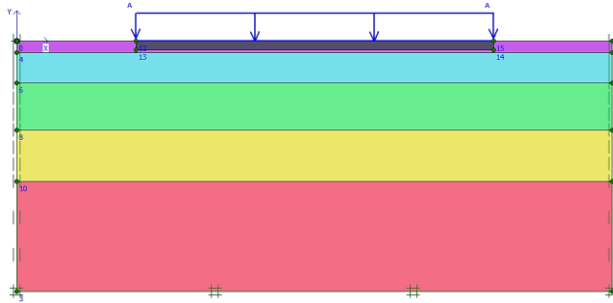
## 5.2 Pemodelan Penurunan Konsolidasi pada Plaxis 2D

Pemodelan lapisan tanah untuk penurunan konsolidasi pada *Plaxis 2D* dengan menggunakan data parameter tanah yang telah ditentukan melalui korelasi N-SPT. Nilai penurunan konsolidasi tersebut untuk mengetahui hasil penurunan konsolidasi. Hasil tersebut terbagi menjadi 2 perbedaan hitungan, yang pertama menggunakan *Plaxis 2D* ver. 8.6 dan kedua menggunakan *Plaxis 2D* ver. 2015 bertujuan untuk mengetahui perbedaan nilai atau cek nilai yang tidak beda jauh. Hanya saja versi *Plaxis 2D* tentunya memiliki perbedaan masing-masing. Pemodelan lapisan tanah untuk penurunan konsolidasi dimodelkan dengan model tanah *Plane Strain*.

Geometri lapisan tanah merupakan pemodelan dari geometri *taxiway* Bandara Soekarno-Hatta dengan lebar total 100m dan lebar *shoulder* 20m pada sisi kanan dan kiri *taxiway*. Kemudian diatas lapisan tanah untuk *taxiway*, diberi timbunan tanah pasir 2m. Setelah itu diberikan perkerasan pada atas lapisan tanah pasir, tidak termasuk pada *shoulder*. Diatas perkerasan, diberikan beban merata sebesar  $110 \text{ kN/m}^2$ . Beban merata tersebut merupakan beban total yang terdiri dari beban mati sebesar  $36.05 \text{ kN/m}^2$  dan beban pesawat dianggap sebesar  $73.95 \text{ kN/m}^2$ . Pemodelan lapisan tanah untuk penurunan konsolidasi disajikan pada gambar 5.2 sebagai berikut.



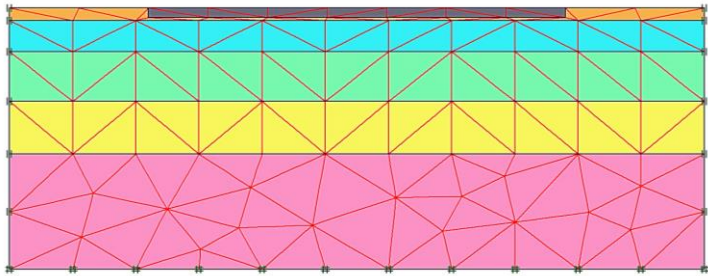
### 1.2.1 Pemodelan Tanpa Stabilisasi dengan Plaxis 2D V. 8.6



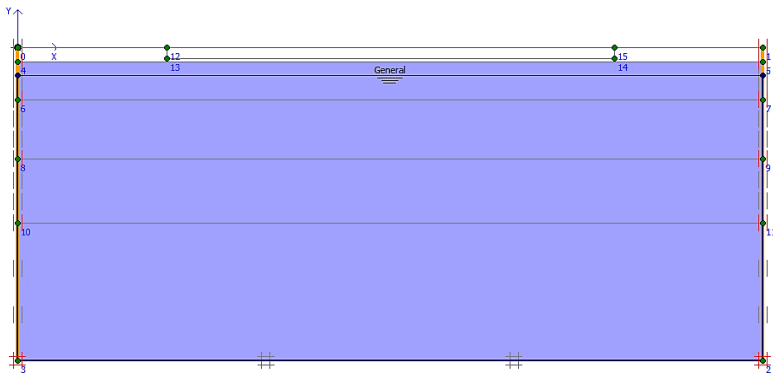
**Gambar 5.2 Lapisan tanah untuk penurunan konsolidasi**

Pertama, tahap pemodelan lapisan tanah kemudian dilanjutkan dengan tahap generate mesh untuk menyusun jaringan elemen hingga untuk diikutsertakan di dalam perhitungan, seperti pada gambar 5.3 dibawah ini. Selanjutnya dilanjutkan pada tahap *closed consolidation boundary*. Kondisi *boundary* pada Plaxis 2D bertujuan untuk tegangan pori  $u$  pada *boundary* adalah 0 atau dengan kata lain air perintah *Closed Consolidation Boundary*, *boundary* ditutup sehingga air tidak dapat mengalir keluar.

Kondisi ini biasa digunakan untuk pemodelan struktur yang simetris (pada struktur simetris, pemodelan cukup dilakukan  $Y$ . nya saja. Batas *boundary* pemodelan simetri tidak boleh dianggap bahwa air mengalir bebas ( $u = 0$ ) sehingga harus diberi *closed consolidation boundary*). Input *groundwater h* yang berbeda masih dapat dilakukan pada perintah *closed consolidation boundary*. Tahap *flow condisitions* disajikan pada gambar 5.4 berikut.



**Gambar 5.3 Tahap *Generate Mesh***

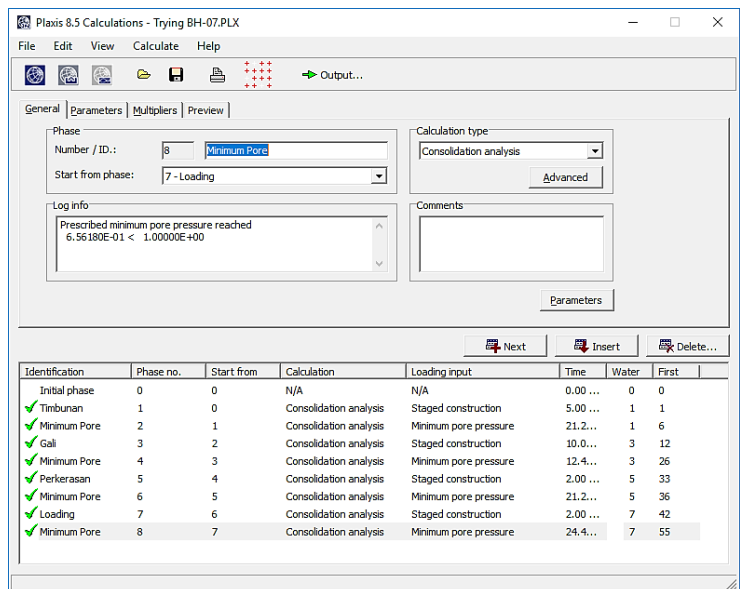


**Gambar 5.4 Tahap *Closed Consolidation Boundary***

Pada tahap *staged construction*, untuk *calculation type* dipilih *consolidation analysis*. Analisis konsolidasi yang menganalisis disipasi eksese tegangan pori sebagai fungsi dari waktu. Variasi perhitungan hanya ada satu, yaitu *Automatic time stepping*.

Terdapat 4 (empat) fase, yakni fase timbunan tanah pasir adalah dimana lapisan tanah asli diberi timbunan tanah pasir

dengan tinggi 2m, fase galian tanah pasir adalah dimana tanah pasir diatas *taxiway* digali sedalam 1.5m, fase perkerasan adalah dimana galian tanah pasir sedalam 1.5m tadi diberi perkerasan dan yang terakhir adalah fase *loading* dengan beban total yakni  $110 \text{ kN/m}^2$ . Pada sela-sela keempat fase diatas, terdapat fase *minimum pore pressure*, yakni step perhitungan dihentikan setelah tegangan pori minimum yang diinputkan tercapai. Tahap *calculations* terdapat pada gambar 5.5 berikut dibawah ini.



**Gambar 5.5 Tahap Calculate**

Hasil dari pemodelan tersebut untuk penurunan konsolidasi didapat total displacements sebesar  $245.17 \times 10^{-3} \text{ m}$ . Dan didapat grafik time interval selama 97.496 day atau 98 hari. Hal tersebut menunjukkan bahwa penurunan konsolidasi terjadi selama  $\pm 98.5$  hari. Dengan perhitungan bahwa 98.5 hari merupakan  $\frac{1}{4}$  tahun, terdapat penurunan sebesar 24.517cm. Maka dalam 1 tahun

terjadi penurunan konsolidasi sebesar 24.517cm. Berarti dalam 3 bulan terjadi penurunan konsolidasi sebesar 6.13cm. Hasil pemodelan penurunan konsolidasi dapat dilihat lebih jelas pada lampiran Konsolidasi (tanpa stabilisasi).

### 5.2.2 Pemodelan Tanpa Stabilisasi dengan Plaxis 2D V. 2015

Tahapan pemodelan konsolidasi dengan *Plaxis 2D ver. 2015* hampir sama dengan *Plaxis 2D ver. 8.6* dengan lapisan tanah data BH-07 kedalaman 40m, serta timbunan pasir 2m dengan dilakukan penggalian untuk perkerasan sedalam 1.5m, serta diberi beban 110 kN/m<sup>2</sup>. Penampang pemodelan tersebut berukuran 100m yang terbagi menjadi 2 yaitu perkerasan *taxiway* 60m dan shoulder 20m pada sisi kanan dan kiri.

Hasil dari pemodelan tersebut untuk penurunan konsolidasi didapat total displacements sebesar 238x10<sup>3</sup>m. Dan didapat grafik *time* selama 99.5 day atau 100 hari. Hal tersebut menunjukkan bahwa penurunan konsolidasi terjadi selama ±100hari. Dengan perhitungan bahwa 100 hari merupakan ¼ tahun, terdapat penurunan sebesar 23.8cm. Maka dalam 1 tahun terjadi penurunan konsolidasi sebesar 23.8cm. Berarti dalam 3 bulan terjadi penurunan konsolidasi sebesar 5.95cm. Hasil dari pemodelan penurunan konsolidasi beserta grafik *time interval*nya dapat dilihat pada Lampiran Konsolidasi (tanpa stabilisasi).

**Tabel 5.7 Perbandingan Pemodelan Konsolidasi pada *Plaxis 2D***

No.	Type Plaxis 2D	Total Displacements (cm)	Time interval (day)
1.	<i>Plaxis 2D ver. 8.6</i>	24,517	98,5
2.	<i>Plaxis 2D ver. 2015</i>	23,80	99,5

### 5.2.3 Analisa Hasil Pemodelan Penurunan Konsolidasi

Dari hasil pemodelan untuk penurunan konsolidasi pada *Plaxis 2D ver. 8.6* dan *Plaxis 2D ver. 2015* pada Tabel 5.7. diatas jika lapisan tanah tanpa stabilisasi diberi beban sebesar  $110 \text{ kN/m}^2$ , terjadi penurunan yang sangat besar. Hal tersebut tidak memnuhi syarat yang ditentukan pada penurunan *taxiway* Bandara Soekarno-Hatta. Oleh sebab itu, lapisan tanah pada *taxiway* Bandara Soekarno-Hatta perlu dilakukan stabilisasi dengan perkuatan tiang.

## 5.3 Pemodelan Tiang Tunggal pada *Plaxis 2D*

Pemodelan tiang tunggal dilakukan pada 2 (dua) jenis *plaxis* yaitu *Plaxis 2D ver. 8.6* dan *Plaxis 2D ver. 2015*. Kedua jenis *plaxis* tersebut meiliki perbedaan dan keterbatasan program masing-masing dalam memodelkan tiang tunggal.

### 5.3.1 Geometri Simulasi Tiang Tunggal

Simulasi ini dilakukan dengan memodelkan tiang tunggal berdasarkan data tanah BH-07 seperti ditunjukkan pada Tabel 4.1. Pada simulasi ini diameter tiang tunggal digunakan 60 cm, dengan kedalaman tiang 28 m. Sehingga pengaruh dari diameter dan kedalaman tiang terhadap penurunan dan daya dukung tiang didapatkan dari simulasi ini. Geometri simulasi ini dimodelkan dengan menggunakan *Plaxis 2D* yang terbagi menjadi 2 yaitu menggunakan *Plaxis 2D ver. 8.6* dan *Plaxis 2D ver. 2015* dengan profil tanah sesuai data tanah BH-07 dengan kedalaman 40 m. Profil tanah pada data tanah BH-07 terdiri dari beberapa jenis tanah dengan parameternya untuk input ke *Plaxis 2D*.

### 5.3.2 Input Parameter Tanah Tiang Tunggal pada *Plaxis 2D*

Pada proyek terdapat penyelidikan tanah diantaranya adalah uji Bor Log berdasarkan sampel tanah yang diambil pada titik BH-07. Parameter tanah yang belum diketahui ditentukan dengan korelasi nilai SPT rata-rata dari uji Bor Log. Oleh karena itu data tanah pada tabel dipilih sebagai parameter tanah dalam simulasi sub-bab ini, dengan mendapatkan korelasi. Selanjutnya dilakukan pemodelan dengan ketentuan model tanah *Axisymmetry* pada kedalaman tanah 40 meter.

Pada saat pemodelan tiang tunggal pada *Plaxis 2D* type model yang digunakan *Axisymetris* dengan *elements 15-Noded*. Material profil tanah dan perkerasan dapat dilihat pada Tabel 5.8.

**Tabel 5.8 Profil tanah dan parameter tanah BH-07 pada Tiang Tunggal PLAXIS 2D**

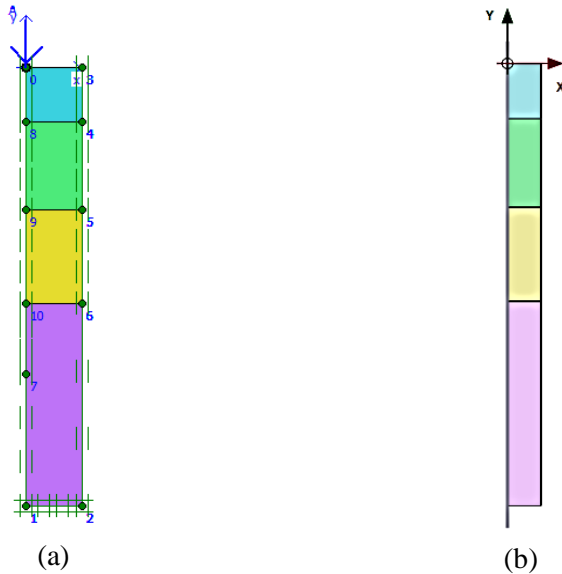
Jenis Tanah	Parameter Tanah
Lempung Lanau I	<p><b><u>General</u></b>  Material model : Mohr-Coulomb  Drainage type : Undrained (B)  <math>\gamma_{\text{unsat}}</math> : 16 kN/m<sup>3</sup>  <math>\gamma_{\text{sat}}</math> : 18 kN/m<sup>3</sup></p> <p><b><u>Parameter</u></b>  <math>E'</math> : 8000 kN/m<sup>2</sup>  <math>\nu'</math> (nu) : 0.25  <math>su, \text{ref}</math> : 155 kN/m<sup>2</sup></p> <p><b><u>Groundwater</u></b>  Data set : USDA  Type Soil : Silty Clay  <math>k_x, k_y</math> : 0.004752 m/day</p>

Lempung Lanau II	<p><b><u>General</u></b>  Material model : Mohr-Coulomb  Drainage type : Undrained (B)  <math>\gamma_{\text{unsat}}</math> : 16 kN/m<sup>3</sup>  <math>\gamma_{\text{sat}}</math> : 18 kN/m<sup>3</sup></p> <p><b><u>Parameter</u></b>  <math>E'</math> : 9000 kN/m<sup>2</sup>  <math>\nu'</math> (nu) : 0.25  <math>s_u</math>, ref : 190 kN/m<sup>2</sup></p> <p><b><u>Groundwater</u></b>  Data set : USDA  Type Soil : Silty Clay  <math>k_x, k_y</math> : 0.004752 m/day</p>
Lempung Pasiran	<p><b><u>General</u></b>  Material model : Mohr-Coulomb  Drainage type : Undrained (B)  <math>\gamma_{\text{unsat}}</math> : 16 kN/m<sup>3</sup>  <math>\gamma_{\text{sat}}</math> : 18 kN/m<sup>3</sup></p> <p><b><u>Parameter</u></b>  <math>E'</math> : 36250 kN/m<sup>2</sup>  <math>\nu'</math> (nu) : 0.25  <math>s_u</math>, ref : 330 kN/m<sup>2</sup></p> <p><b><u>Groundwater</u></b>  Data set : USDA  Type Soil : Sandy clay  <math>k_x, k_y</math> : 0.2877 m/day</p>
Pasir Kerikilan	<p><b><u>General</u></b>  Material model : Mohr-Coulomb  Drainage type : Drained</p>



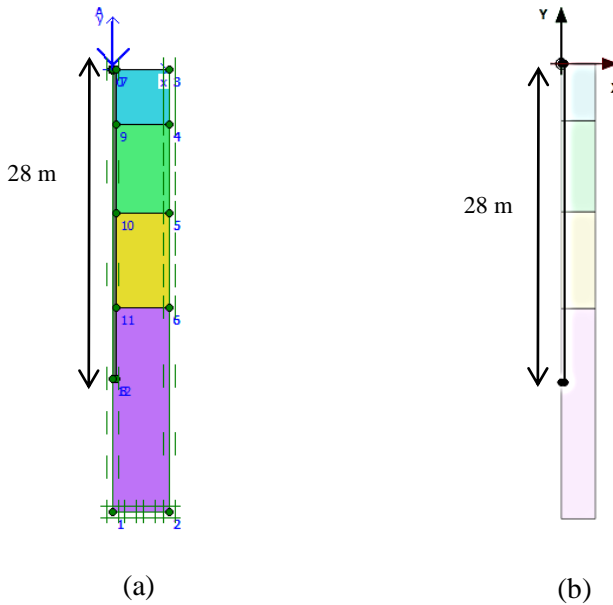
	$\gamma_{\text{unsat}} : 20 \text{ kN/m}^3$ $\gamma_{\text{sat}} : 20 \text{ kN/m}^3$  <u><b>Parameter</b></u> $E' : 140000 \text{ kN/m}^2$ $\nu' (\text{nu}) : 0.3$ $c' \text{ ref} : 200 \text{ kN/m}^2$  <u><b>Groundwater</b></u> Data set : USDA Type Soil : Sand $k_x, k_y : 7.128 \text{ m/day}$
Beton/Pile	<u><b>General</b></u> Material model : Linear Elastic Drainage type : Non-Porous $\gamma_{\text{unsat}} : 23 \text{ kN/m}^3$ $\gamma_{\text{sat}} : 23 \text{ kN/m}^3$  <u><b>Parameter</b></u> $E' : 30000000 \text{ kN/m}^2$ $\nu' (\text{nu}) : 0.15$

*\*nilai  $k_x, k_y$  sesuai dengan korelasi permeability yang tertera pada Bab 3 Sub-bab 3.4.7 Korelasi N-SPT terhadap nilai Permeability dengan Metode Klasifikasi*



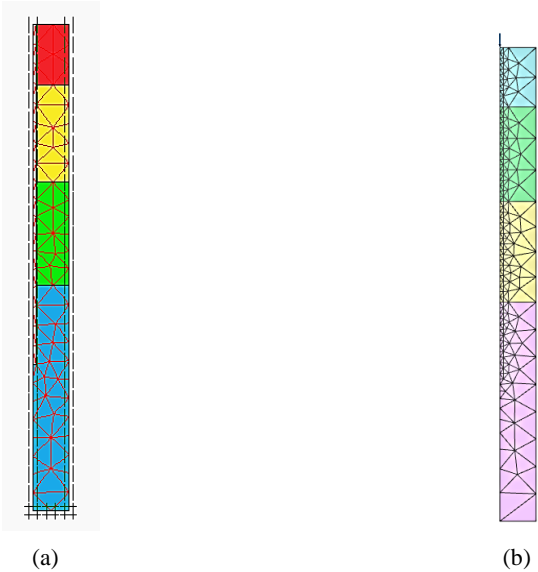
**Gambar 5.10. (a) Geometri simulasi tiang tunggal *Plaxis 2D* ver. 8.6 (b) Geometri simulasi tiang tunggal *Plaxis 2D* ver. 2015**

Hal pertama yang perlu dilakukan dalam pemodelan *Plaxis 2D* yaitu kondisi awal geometri, parameter tanah dan bahan sesuai dengan nilai parameter yang telah ditentukan kemudian menentukan elevasi muka air tanah sesuai data tersebut. Tahapan tersebut dilakukan pada tahap *Soil*. Setelah melakukan tahap *Soil* dilanjutkan ke tahap berikutnya yaitu tahap *Structures*. Tahap *Structures* dilakukan pemodelan profil tiang sesuai dengan diameter tiang dan kedalaman tiang yang direncanakan untuk mengetahui nilai daya dukung tiang tunggal, seperti dilihat pada Gambar 5.11.

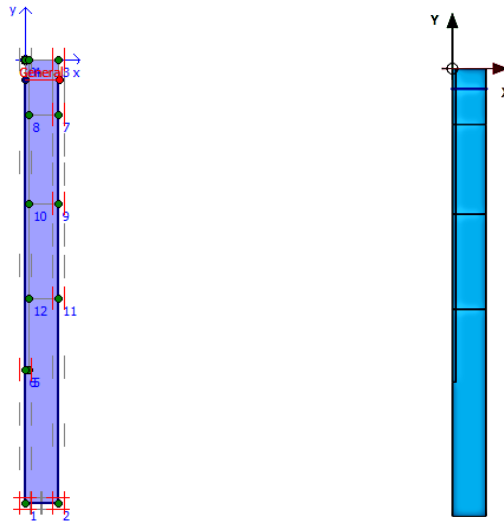


**Gambar 5.11 (a) Pemodelan tiang tunggal pada *Plaxis 2D* ver. 8.6**  
**(b) Pemodelan tiang tunggal pada *Plaxis 2D* ver. 2015**

Simulasi tiang tunggal ini setelah dilakukan tahap *Structures* kemudian dilanjutkan tahapan *Mesh*. Fungsi dari tahapan *Mesh* adalah menyusun jaringan elemen hingga untuk diikutsertakan di dalam perhitungan, seperti dilihat pada Gambar 5.12. Tahapan setelah tahap *Mesh* tersebut kemudian dilanjutkan tahap *Flow Conditions* untuk menerapkan muka air tanah terdapat pada kedalaman -1.8 m sesuai data tanah BH-07 yang telah diperoleh, dilihat pada Gambar 5.13.



**Gambar 5.12 (a) *Geenerated Mesh Plaxis 2D ver. 8.6*(b) *Flow Generated Mesh Plaxis 2D ver. 2015***



**Gambar 5.13 (a) *Flow Conditions Plaxis 2D ver. 8.6* (b) *Flow Conditions Plaxis 2D ver.2015***

Simulasi ini dilakukan untuk mengetahui hasil simulasi *Plaxis 2D* dengan data tanah yang telah didapatkan sebelumnya mengenai penurunan dan daya dukung tiang tunggal secara numerik. Parameter tanah untuk simulasi telah dijelaskan sebelumnya pada Sub-Bab 4.2.1. (Tabel 4.1).

Tahapan ini merupakan tahap terakhir pada pemodelan yaitu tahap *Staged Contruction*. Tahapan *Staged Contruction* merupakan tahap perhitungan (*calculation*) sesuai fase awal hingga akhir untuk mengetahui hasil *Total Displacements* pada tiang tunggal dan hasil  $P_{max}$  pada tiang tersebut. Tahap perhitungan (*calculation*) untuk tiang tunggal terdiri dari 5 fase perhitungan seperti yang ditunjukkan dalam Tabel 5.9.

**Tabel 5.9 Perhitungan Tiang Tunggal pada *Plaxis 2D***

<b>Fase</b>	<b>Tahapan Simulasi</b>
Fase 1 (Inisial)	Menentukan kondisi inisial
Fase 2 Bor	Menerapkan tiang tunggal dengan cara non-aktifkan
Fase 3 Cor	Menerapkan tiang tunggal dengan cara mengaktifkan pile dengan mengisi material beton
Fase 4 Load 1kN	Menerapkan dan mengaktifkan beban pada tiang tunggal sebesar 1kN
Fase 5 Multiplier	Mengaktifkan multiplier sebesar 1000 untuk mengetahui kapasitas maksimum dari tiang tunggal tersebut

Setelah dilakukan tahap perhitungan sesuai dari fase pertama hingga fase kelima, kemudian dilakukan pengambilan titik pada tiang sebelum dilakukan *calculate*.

Setelah tahapan *Staged Construction* dilakukan hingga fase ke 5 kemudian dilakukan pemilihan titik pada geometri dan dilanjutkan perhitungan (*Calculate*) sehingga memperoleh hasil, yang dapat dilihat pada Tabel 5.10.

**Tabel 5.10 Perbandingan Pemodelan Tiang Tunggal pada *Plaxis* 2D**

<b>No.</b>	<b>Plaxis 2D</b>	<b>Total Displacements (m)</b>	<b>Pmax (kN/m<sup>2</sup>)</b>
1.	<i>Plaxis 2D ver. 8.2</i>	$96.26 \times 10^3$	86.497
2.	<i>Plaxis 2D ver. 2015</i>	$83.13 \times 10^3$	124.5

## 5.4 Pemodelan Tiang Kelompok pada *Plaxis 2D (Plate)*

### 5.4.1 Konsep Metode Pendekatan dengan *Plate*

Pada *Plaxis 2D*, Injection Pile akan dimodelkan dengan menggunakan *plate*. Memodelkan dengan menggunakan *plate* tentu memiliki perbedaan jika memodelkan dengan menggunakan *Embedded Beam Row*. Bila *Injection Pile* dimodelkan dengan menggunakan *Embedded Beam Row*, memiliki jarak lubang antar kedua tiang, sedangkan jika dimodelkan dengan *plate* tidak memiliki jarak yang nyata antar kedua lubang tersebut.

Metode pendekatan ini merupakan ekuivalensi dari *pile* yang dibuat untuk menyederhanakan analisis *plate* bila dilakukan secara numerik yang jauh lebih sulit. Metode pendekatan ini dapat memberi hasil yang mendekati perhitungan analisis secara numerik.

### 5.4.2 Hasil Perhitungan *Plate*

Pemodelan tiang kelompok dengan metode pendekatan *plate*, umumnya sering digunakan di lapangan. Perencanaan diameter *plate* adalah dengan menghitung nilai EA dan EI. Dengan perhitungan sebagai berikut :

Diketahui :

Diameter tiang = 0.60 meter

E beton =  $3 \times 10^7$  kN/m<sup>2</sup>

Perhitungan :

$$I = \frac{\pi D^4}{64} \quad (5.4.2.1)$$

$$I = \frac{D^4}{20} \quad (5.4.2.2)$$

$$I_1 = \frac{\pi D^4}{64} = \frac{3.14 \times 0,6^4}{64} = 0.0063585 \text{ m}^4$$



$$\begin{aligned}
 I_2 &= \frac{D^4}{20} = \frac{0.6^4}{20} = 0.00648 \text{ m}^4 \\
 A &= \frac{\pi D^2}{4} \\
 A &= \frac{\pi D^2}{4} = \frac{3.14 \times 0.6^4}{4} = 0.2826 \text{ m}^2 \\
 EA &= (3 \times 10^7) \times 0.2826 \\
 &= 8478000 \text{ kN} \\
 EI_1 &= (3 \times 10^7) \times 0.0063585 \\
 &= 190755 \text{ kN} \\
 EI_2 &= (3 \times 10^7) \times 0.00648 \\
 &= 194400 \text{ kN}
 \end{aligned} \tag{5.4.2.3}$$

Maka, nilai  $EI_1$  dan  $EI_2$  yang telah diinput ke dalam *Plaxis 2D* mendapatkan nilai diameter plate sebesar dibawah ini :

$$\begin{aligned}
 d_1 &= 0.5196 \text{ m} \quad (\text{OK}) \\
 d_2 &= 0.5246 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Nilai diameter yang dipakai dalam pemodelan *plate* di *Plaxis 2D* menggunakan diameter yang terkecil yaitu 0.5196 m.

### 5.4.3 Pemodelan *Plate* dengan *Plaxis 2D ver. 8.2*

Pemodelan *plate* pada lapisan tanah akan dilakukan pada lapisan tanah *taxiway*. Lebar total *taxiway* dan *shoulder* adalah lebih kurang sebesar 100m. Dengan lebar *shoulder* pada sisi kanan dan sisi kiri *taxiway* sebesar 20m. Diatas lapisan tanah yang akan digunakan untuk *taxiway*, terdapat timbunan tanah pasir dan perkerasan. Pemodelan tiang kelompok pada lapisan tanah, dimodelkan dengan model tanah *Plane Strain*. Penulis telah mencoba memodelkan tiang kelompok pada lapisan tanah dengan lebar penampang 100m, namun terdapat beberapa kendala pada tahap *calculations*. Hal tersebut dikarenakan adanya keterbatasan program *Plaxis 2D* dalam memodelkan dan

menghitung, maka pada pemodelan plate di *Plaxis 2D* tersebut dilakukan dengan ukuran penampang 40m yang terdiri dari lebar *taxiway* 30m dan lebar *shoulder* 10m.

Tahapan pemodelan *plate* dengan *Plaxis 2D ver. 8.2* dengan lapisan tanah data BH-07 kedalaman 40m, serta timbunan pasir 2m dengan dilakukan penggalian untuk perkerasan sedalam 1.5m, serta diberi beban 110 kN/m<sup>2</sup>. Urutan dalam proses *calculate* pemodelan *plate* tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.10 sebagai berikut :

**Tabel 5.11 Perhitungan Pemodelan Plate dengan Plaxis 2D**

<b>Fase</b>	<b>Tahapan Simulasi</b>
Inisial	Menentukan kondisi inisial, menerapkan tanah pasir deactive
Fase 1 - 26 Plate	Menerapkan plate dengan cara mengaktifkan satu per satu sesuai fase plate 1 sampai 26
Fase 27 Timbunan	Menerapkan tanah pasir dengan cara mengaktifkan sesuai material
Fase 28 Gali	Menerapkan perkerasan dengan cara non-aktifkan tanah pasir
Fase 29 Perkerasan	Mengaktifkan perkerasan sesuai material beton/perkerasan pada bagiannya

Fase 30 Loading	Mengaktifkan line load sebesar 110 kN/m <sup>2</sup>
--------------------	---

Setelah tahapan simulasi dilakukan hingga fase ke 30 kemudian dilakukan pemilihan titik pada geometri dan dilanjutkan perhitungan (*Calculate*) sehingga memperoleh hasil *Total Displacements* pada *Plaxis 2D* sebesar 0.01406m atau 1.406cm sebagian dari penampang aslinya, dapat dilihat pada Gambar 5.18.

Hasil grafik pada tiang kelompok berdasarkan data tanah BH-07 memperoleh hasil  $P_{max}$  sebesar 94.779 kN/m<sup>2</sup>, dapat dilihat pada Lampiran Pile Equivalent.

#### 5.4.4 Pemodelan *Plate* dengan *Plaxis 2D ver. 2015*

Tahapan pemodelan *plate* dengan *Plaxis 2D ver. 2015* hampir sama dengan *Plaxis 2D ver. 8.2* dengan lapisan tanah data BH-07 kedalaman 40m, serta timbunan pasir 2m dengan dilakukan penggalian untuk perkerasan sedalam 1.5m, serta diberi beban  $110 \text{ kN/m}^2$ . Penampang pemodelan tersebut berukuran 40m saja, yang terbagi menjadi 2 yaitu perkerasan *taxiway* 30m dan *shoulder* 10m. Hal tersebut dilakukan karena *Plaxis 2D ver. 2015* mempunyai keterbatasan dalam melakukan pemodelan, maka dari itu diambil sample geometrik sebagian. Pemodelan *plate* tersebut dilakukan karena untuk mengetahui metode pendekatan.

Setelah dilakukan tahapan simulasi hingga fase ke 30 seperti pada Tabel 5.10. kemudian dilakukan pemilihan titik pada geometri dan dilanjutkan perhitungan (*Calculate*) sehingga memperoleh hasil *Total Displacements* pada PLAXIS 2D sebesar 0.01657m atau 1.657cm sebagian dari penampang aslinya, dapat dilihat pada Gambar 5.20.

Hasil grafik pada tiang kelompok berdasarkan data tanah BH-07 memperoleh hasil  $P_{\max}$  sebesar  $160.72 \text{ kN/m}^2$ , dapat dilihat pada Lampiran Pile Equivalent.

## 5.5 Pemodelan Tiang Kelompok pada *Plaxis 2D*

### 5.5.1 Geometri Simulasi Tiang Kelompok Keseluruhan (100M) pada *Plaxis 2D ver. 2015*

Simulasi ini dilakukan dengan memodelkan tiang kelompok berdasarkan data tanah BH-07 seperti ditunjukkan pada Tabel 4.1. Pada simulasi ini diameter tiang kelompok digunakan 60 cm, dengan kedalaman tiang 20 m. Sehingga pengaruh dari diameter dan kedalaman tiang terhadap penurunan didapatkan dari simulasi ini. Geometri simulasi ini dimodelkan dengan menggunakan *Plaxis 2D* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.7. dengan profil tanah sesuai data tanah BH-07 dengan kedalaman 40 m. Profil tanah pada data tanah BH-07 terdiri dari beberapa jenis tanah dengan parameternya untuk input ke *Plaxis 2D*.

Penampang yang digunakan dalam pemodelan ini yaitu berukuran 100m. pada ukuran 100m tersebut terbagi menjadi 2 bagian yaitu 60m perkerasan *taxiway* dan 20m *shoulder* pada sisi kanan dan kiri. Ukuran dari penampang pemodelan tersebut dengan melihat dari *Shop Drawing* dan mengambil ukuran bagian melintang pada *taxiway*, sehingga menggunakan ukuran penampang tersebut. Pada saat pemodelan tiang kelompok pada *Plaxis 2D type* model yang digunakan *Plain Strain* dengan *elements 15-Noded*. Material profil tanah dan perkerasan dapat dilihat pada Tabel 5.11.

**Tabel 5.11 Profil tanah dan parameter tanah BH-07 pada Tiang Kelompok *Plaxis 2D***

Jenis Tanah	Parameter Tanah
Tanah Pasir	<b><u>General</u></b> Material model : Mohr-Coulomb Drainage type : Drained

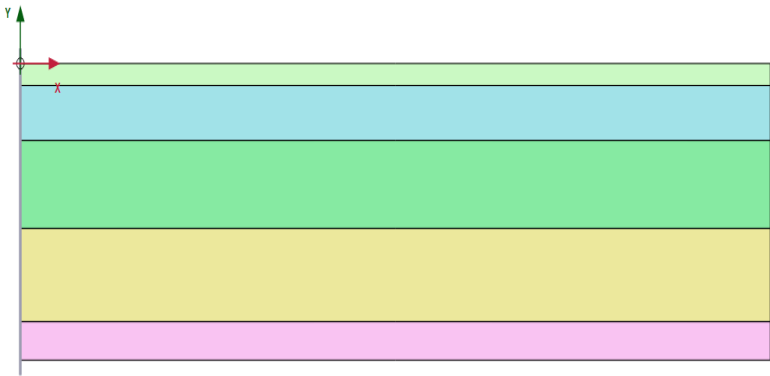
	$\gamma_{\text{unsat}} : 16 \text{ kN/m}^3$ $\gamma_{\text{sat}} : 18 \text{ kN/m}^3$  <u><b>Parameter</b></u> $E' : 17500 \text{ kN/m}^2$ $\nu' (\text{nu}) : 0.4$ $c' \text{ ref} : 5 \text{ kN/m}^2$  <u><b>Groundwater</b></u> Data set : USDA Type Soil : Sand $k_x, k_y : 7,128 \text{ m/day}$
Lempung Lanau I	<u><b>General</b></u> Material model : Mohr-Coulomb Drainage type : Undrained (B) $\gamma_{\text{unsat}} : 16 \text{ kN/m}^3$ $\gamma_{\text{sat}} : 18 \text{ kN/m}^3$  <u><b>Parameter</b></u> $E' : 8000 \text{ kN/m}^2$ $\nu' (\text{nu}) : 0.25$ $s_u, \text{ ref} : 155 \text{ kN/m}^2$  <u><b>Groundwater</b></u> Data set : USDA Type Soil : Silty Clay $k_x, k_y : 0.004752 \text{ m/day}$
Lempung Lanau II	<u><b>General</b></u> Material model : Mohr-Coulomb Drainage type : Undrained (B) $\gamma_{\text{unsat}} : 16 \text{ kN/m}^3$ $\gamma_{\text{sat}} : 18 \text{ kN/m}^3$

	<p><b><u>Parameter</u></b>  <math>E' : 9000 \text{ kN/m}^2</math>  <math>\nu' (\text{nu}) : 0.25</math>  <math>su, \text{ ref} : 190 \text{ kN/m}^2</math></p> <p><b><u>Groundwater</u></b>  Data set : USDA  Type Soil : Silty Clay  <math>k_x, k_y : 0.004752 \text{ m/day}</math></p>
Lempung Pasiran	<p><b><u>General</u></b>  Material model : Mohr-Coulomb  Drainage type : Undrained (B)  <math>\gamma_{\text{unsat}} : 16 \text{ kN/m}^3</math>  <math>\gamma_{\text{sat}} : 18 \text{ kN/m}^3</math></p> <p><b><u>Parameter</u></b>  <math>E' : 36250 \text{ kN/m}^2</math>  <math>\nu' (\text{nu}) : 0.25</math>  <math>su, \text{ ref} : 330 \text{ kN/m}^2</math></p> <p><b><u>Groundwater</u></b>  Data set : USDA  Type Soil : Sandy clay  <math>k_x, k_y : 0.2877 \text{ m/day}</math></p>
Pasir Kerikilan	<p><b><u>General</u></b>  Material model : Mohr-Coulomb  Drainage type : Drained  <math>\gamma_{\text{unsat}} : 20 \text{ kN/m}^3</math>  <math>\gamma_{\text{sat}} : 20 \text{ kN/m}^3</math></p> <p><b><u>Parameter</u></b>  <math>E' : 140000 \text{ kN/m}^2</math>  <math>\nu' (\text{nu}) : 0.3</math></p>

	$c' \text{ ref} : 200 \text{ kN/m}^2$  <b><u>Groundwater</u></b> Data set : USDA Type Soil : Sand $k_x, k_y : 7.128 \text{ m/day}$
Perkerasan	<b><u>General</u></b> Material model : Linear Elastic Drainage type : Non-Porous $\gamma_{\text{unsat}} : 23 \text{ kN/m}^3$ $\gamma_{\text{sat}} : 23 \text{ kN/m}^3$  <b><u>Parameter</u></b> $E' : 30000000 \text{ kN/m}^2$ $\nu' (\text{nu}) : 0.15$

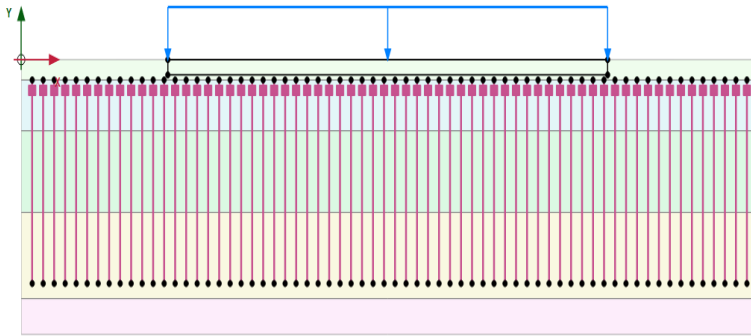
*\*nilai  $k_x, k_y$  sesuai dengan korelasi permeability yang tertera pada Bab 3 Sub-bab 3.4.7 Korelasi N-SPT terhadap nilai Permeability dengan Metode Klasifikasi.*





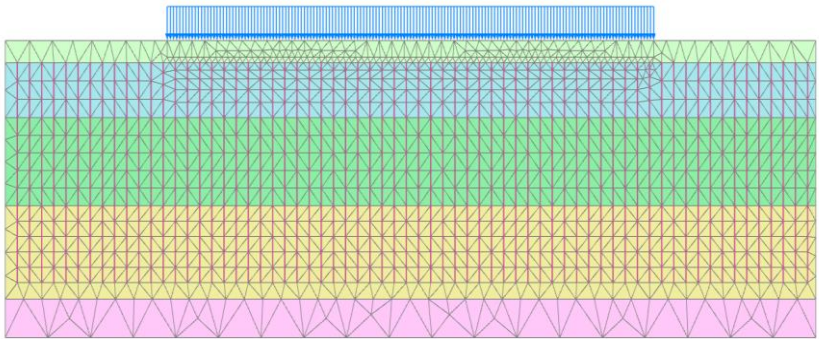
**Gambar 5.22 Geometri simulasi profil tanah sesuai dengan data BH-07**

Setelah permodelan profil tiang pada tahap *Soil*, dilanjutkan ke tahap berikutnya yaitu tahap *Structures*. Pada tahap *Structures* ini dilakukan penggambaran Embedded Beam Row sesuai dengan diameter beserta kedalaman yang direncanakan, seperti dilihat pada Gambar 5.23.

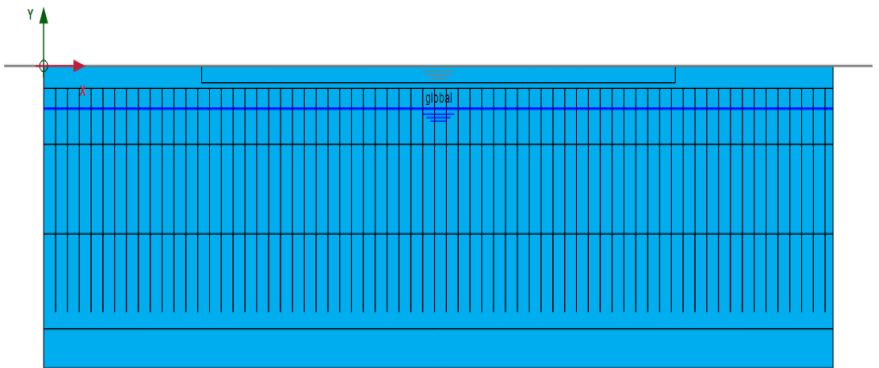


**Gambar 5.23** Pemodelan *Embedded Beam Row* pada geometri simulasi tiang kelompok

Setelah dilakukan pemodelan pada tahap *Structures*, berikutnya dilakukan tahap *Mesh* dan *Flow Conditions* untuk menerapkan muka air tanah terdapat pada kedalaman -1.8 m sesuai data tanah BH-07 yang telah diperoleh, dilihat pada Gambar 5.24.



(a)



(b)

**Gambar 5.24 (a) *Geenerated Mesh* dan (b) *Flow Conditions***

Untuk memperoleh hasil penurunan tiang kelompok dilakukan pada tahap akhir yaitu tahap *Staged Contruction*. Pada tahapan tersebut terdiri dari 71 Fase seperti yang ditunjukkan dalam Tabel 5.12.

**Tabel 5.12 Perhitungan Pemodelan *Embedded Beam Row* pada 100m**

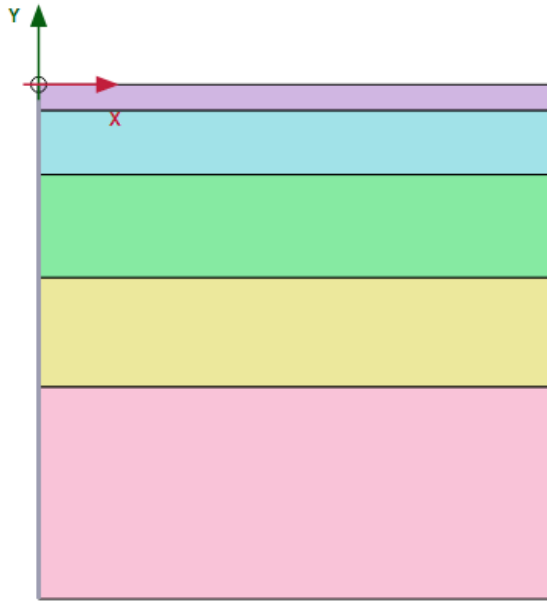
<b>Fase</b>	<b>Tahapan Simulasi</b>
Inisial	Menentukan kondisi inisial, menerapkan tanah pasir deactive
Fase 1 - 67 Piling	Menerapkan tiang dengan cara mengaktifkan satu per satu sesuai fase piling 1 sampai 26
Fase 68 Timbunan	Menerapkan tanah pasir dengan cara mengaktifkan sesuai material
Fase 69 Gali	Menerapkan perkerasan dengan cara non-aktifkan tanah pasir
Fase 70 Perkerasan	Mengaktifkan perkerasan sesuai material beton/perkerasan pada bagiannya
Fase 71 Loading	Mengaktifkan line load sebesar $110 \text{ kN/m}^2$

Setelah tahapan *Staged Construction* dilakukan hingga fase ke 71 kemudian dilakukan pemilihan titik pada geometri dan dilanjutkan perhitungan (*Calculate*) sehingga memperoleh hasil *Total Displacements* pada *Plaxis 2D* sebesar 0.01617 m atau 1.617 cm, dapat dilihat pada Gambar 5.25. Hasil grafik pada tiang kelompok berdasarkan data tanah BH-07 memperoleh hasil  $P_{max}$  sebesar 555,16 kN/m<sup>2</sup>, dapat dilihat pada Lampiran Tiang Kelompok 100m (*Embedded Beam Rows*).

### **5.5.2 Geometri Simulasi Tiang Kelompok Sebagian (40M) pada *Plaxis 2D ver. 2015***

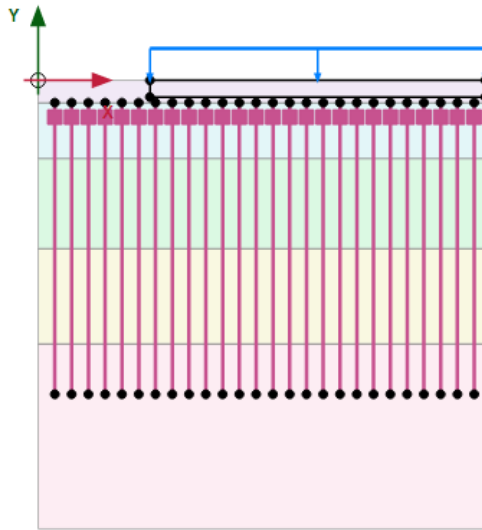
Simulasi ini dilakukan dengan memodelkan tiang kelompok berdasarkan data tanah BH-07 seperti ditunjukkan pada Tabel 4.1. Pada simulasi ini diameter tiang kelompok digunakan 60 cm, dengan kedalaman tiang 28 m. Sehingga pengaruh dari diameter dan kedalaman tiang terhadap penurunan didapatkan dari simulasi ini. Geometri simulasi ini dimodelkan dengan menggunakan *Plaxis 2D* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.12. dengan profil tanah sesuai data tanah BH-07 dengan kedalaman 40 m. Profil tanah pada data tanah BH-07 terdiri dari beberapa jenis tanah dengan parameternya untuk input ke *Plaxis 2D* Pada simulasi ini berbeda dengan pemodelan sebelumnya dikarenakan pada program *Plaxis 2D* mempunyai keterbatasan dalam melakukan pemodelan sehingga ukuran penampang pemodelan dikecilkan atau dibagi sebagian untuk mendapatkan hasil.

Penampang pemodelan sebagian mempunyai ukuran 40m terbagi menjadi 2 yaitu 30m perkerasan taxiway dan 10m shoulders. Pada saat pemodelan tiang kelompok pada *Plaxis 2D type* model yang digunakan *Plane-Strain* dengan *elements 15-Noded*. Material profil tanah dan perkerasan dapat dilihat pada Tabel 5.11.



**Gambar 5.27 Geometri simulasi profil tanah sesuai dengan data BH-07**

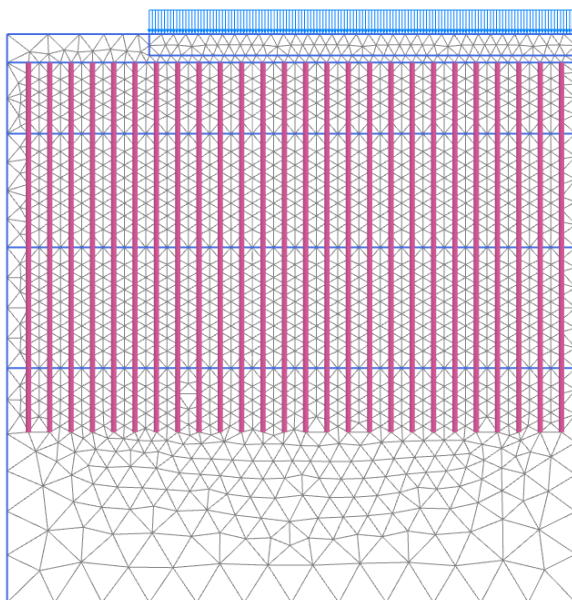
Setelah pemodelan profil tiang pada tahap *Soil*, dilanjutkan ke tahap berikutnya yaitu tahap *Structures*. Pada tahap *Structures* ini dilakukan penggambaran pile sesuai dengan diameter beserta kedalaman pile yang direncanakan, seperti dilihat pada Gambar 5.28.



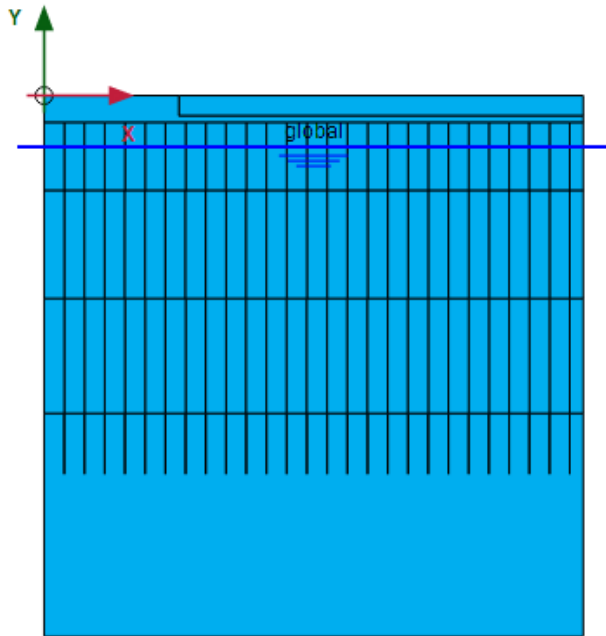
**Gambar 5.28 Pemodelan Pile pada geometri simulasi tiang kelompok**

Simulasi tiang kelompok ini dilakukan dengan menggunakan parameter tanah berdasarkan Data Tanah BH-07 seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.1. yang dijelaskan pada Sub-Bab 4.2.1, sehingga pengaruh dari parameter tanah terhadap penurunan didapatkan dari simulasi ini. Diameter 60 cm dan kedalaman tiang 28 m dimodelkan di dalam *Plaxis 2D* dengan geometri pemodelan *pile*. Setelah dilakukan pemodelan pada tahap *Structures*, berikutnya dilakukan tahap *Mesh* dan *Flow Conditions* untuk menerapkan muka air tanah terdapat pada kedalaman -1.8 m sesuai data tanah BH-07 yang telah diperoleh, dapat dilihat pada Gambar 5.29.





(a)



(b)

**Gambar 5.29 (a) *Geenerated Mesh* dan (b) *Flow Conditions***

Untuk memperoleh hasil penurunan tiang kelompok dilakukan pada tahap akhir yaitu tahap *Staged Contruction*. Pada tahapan tersebut terdiri dari 30 Fase seperti yang ditunjukkan dalam Tabel 5.13.

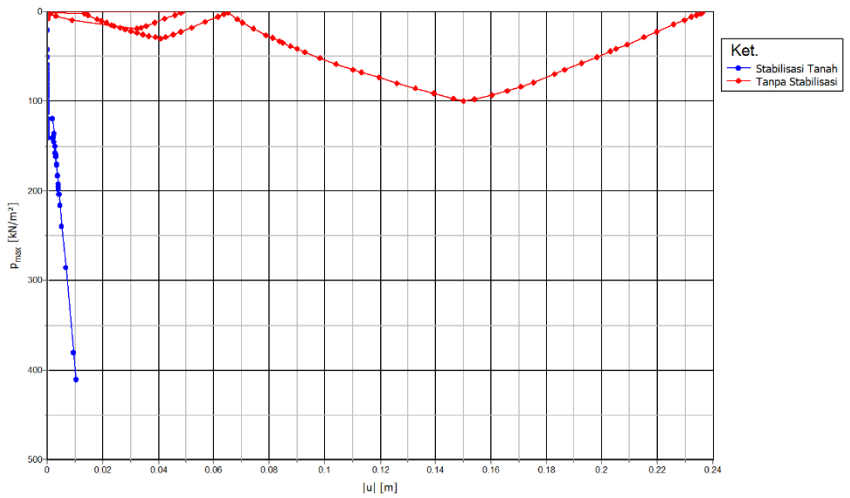
**Tabel 5.13 Perhitungan Kapasitas Daya Dukung Aksial pada Titik BH-07**

<b>Fase</b>	<b>Tahapan Simulasi</b>
Inisial	Menentukan kondisi inisial, menerapkan tanah pasir deactive
Fase 1 - 26 Piling	Menerapkan tiang dengan cara mengaktifkan satu per satu sesuai fase piling 1 sampai 26
Fase 27 Timbunan	Menerapkan tanah pasir dengan cara mengaktifkan sesuai material
Fase 28 Gali	Menerapkan perkerasan dengan cara non-aktifkan tanah pasir
Fase 29 Perkerasan	Mengaktifkan perkerasan sesuai material beton/perkerasan pada bagiannya
Fase 30 Loading	Mengaktifkan line load sebesar $110 \text{ kN/m}^2$

Setelah tahapan *Staged Construction* dilakukan hingga fase ke 30 kemudian dilakukan pemilihan titik pada geometri dan dilanjutkan perhitungan (*Calculate*) sehingga memperoleh hasil *Total Displacements* pada *Plaxis 2D* sebesar 0.02375 m atau 2.375 cm sebagian dari penampang aslinya, dapat dilihat pada Gambar 5.30. Hasil grafik pada tiang kelompok berdasarkan data tanah BH-07 memperoleh hasil  $P_{max}$  sebesar 175,22 kN/m<sup>2</sup>, dapat dilihat pada Lampiran Tiang Kelompok 40m (Embedded Beam Rows).

## **5.6 Perbandingan Tanpa Stabilisasi dengan Stabilisasi (*Injection Pile*)**

Hasil yang telah didapatkan dari pemodelan *Plaxis 2D* ini dapat ditarik sebuah hasil, bahwa menggunakan stabilisasi tanah (*Injection Pile*) dapat diterapkan dalam meningkatkan daya dukung tanah serta dapat mengatasi penurunan yang berlebihan. Pada grafik 5.1 tersebut dapat dilihat jelas perubahan yang sangat besar terjadi pada saat dilakukannya perbaikan tanah.



**Grafik 5.1 Perbandingan Penurunan pada *Plaxis 2D***

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

## BAB VI

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan dan pemodelan pada *Plaxis* 2D yang telah dilakukan, dapat disimpulkan dengan beberapa pernyataan dibawah :

1. Penurunan yang disyaratkan dalam *taxiway* pada Proyek *Connection NPI-Secondary Apron* Soekarno-Hatta adalah 100 mm/tahun yang tertera pada Rencana Kerja dan Syarat-syarat.
2. Pemodelan perhitungan tanpa stabilisasi tanah (*Injection Pile*) dalam *Plaxis* 2D pada kondisi konsolidasi mendapatkan hasil penurunan konsolidasi sebesar 24.517cm pada *Plaxis* 2D ver.8.6 dan 23.8cm pada *Plaxis* 2D ver.2015. dari dua versi *Plaxis* 2D dapat disimpulkan bahwa penurunan konsolidasi sebesar  $\pm 24$  cm.
3. Peningkatan kapasitas daya dukung tanah di *taxiway* dengan *Injection Pile* pada data tanah BH-07 didapatkan hasil hitungan manual nilai  $Q_u = 8138,95$  kN terdapat di kedalaman 28 m sedangkan pada hasil pemodelan *Plaxis* 2D ver.2015 didapatkan hasil  $P_{max}$   $124.5 \text{ kN/m}^2$  dan pada *Plaxis* 2D ver.8.2 didapatkan hasil  $P_{max}$   $86.497 \text{ kN/m}^2$ .
4. Perencanaan dengan menggunakan metode *Injection Pile* dengan kondisi tanah yang mempunyai sifat atau karakteristik tanah *medium soft* pada Bandara Soekarno-Hatta untuk mendapatkan hasil yang sesuai disyaratkan yaitu dengan menggunakan diameter tiang 60 cm, kedalaman tiang 28 m, dan jarak antar tiang 1.5 m sesuai dengan syarat jarak optimal antar tiang  $2,5d - 3d$ .

5. Perbandingan pemodelan tiang kelompok penggunaan *software Plaxis 2D* ver. 8.2 dan *Plaxis 2D* ver. 2015 dengan menggunakan *pile equivalen* didapatkan hasil penurunan sebesar 0.01406m dan 0.01657m, sedangkan pada *embedded beam row* menunjukkan hasil penurunan sebesar 0.02375m pada *Plaxis 2D* ver. 2015.
6. *Injection Pile* dapat diterapkan untuk meningkatkan daya dukung dan mengurangi penurunan pada *taxiway*, hanya saja *Injection Pile* mempunyai kekurangan yaitu dalam segi biaya terhitung sangat mahal, karena untuk stabilisasi dengan *Injection Pile* memerlukan jumlah tiang yang cukup besar secara kuantitas serta dengan diameter yang cukup besar untuk mencapai penurunan yang disyaratkan.

## 6.2 Saran

Berdasarkan hasil kesimpulan yang telah dilakukan, disarankan :

1. Pemodelan tiang diperlukan pemodelan menggunakan *Plaxis 3D* agar hasilnya dapat dipertanggung jawabkan secara ilmiah.

*Pile Equivalen (Plate)* sangat tidak disarankan karena tidak sesuai kenyataan penempatan tiang di lapangan.



## DAFTAR PUSTAKA

- Bowles, Joseph E. (1991), *Analisis dan Desain Pondasi*, Edisi keempat, Ahli bahasa Pantur silaban, P.h.S., Erlangga, Jakarta, Indonesia
- Das, B.M. (2006), *Principles of Geotechnical Engineering*, 7th Edition, Cengage, Stamford.
- Das, B.M. (1985), *Mekanika Rekayasa: Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknik*, oleh Noor Endah, Erlangga, Jakarta
- Reese, Lymon C. and Wright, Stephen J, 1977. Drilled Shaft Manual, Washington, D. C: U. S. Dept. of Transportation Federal Highway Administration, Offices of Research and Development, Implementation Division.
- SKEP/003/I/2005, (2005), *Keputusan Direktur Jenderal Perhubungan Udara tentang Pedoman Teknis Perancangan Rinci Konstruksi Landas Pacu (Runway), Landas Hubung (Taxiway) dan Landar Parkir (Apron) pada Bandar Udara di Indonesia*, Direktorat Jenderal Perhubungan Udara, Jakarta
- Sosrodarsono, S dan Nakazawa, K. (2000), *Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi*, Cetakan 7. Pradnya Paramita, Jakarta.
- Terzaghi, K and Peck, R.B. (1967) “*Soil Mechanics in Engineering Practice*”. John Wiley, New York.
- Vesic, A. S. (1972). ‘*Expansion of cavities in infinite soil mass*, *Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division*, ASCE, 94(SM3), 661-688.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

## BIODATA PENULIS



Penulis bernama lengkap Dyah Ayu Rahmawati Cupasindy merupakan anak kedua dari empat bersaudara, Lahir di Surabaya pada tanggal 15 Juli 1996. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SDN Manyar Sabrangan II Surabaya, lalu melanjutkan pendidikan di SMP 17 Agustus 1945 Surabaya, lalu di SMA 17 Agustus 1945 Surabaya. Setelah lulus dari SMA pada tahun 2014, penulis diterima di Departemen Teknik Infrastruktur Sipil Program Studi Diploma IV pada tahun 2014, terdaftar dengan NRP 10111410000091. Di Departemen Teknik Infrastruktur Sipil ini, penulis mengambil bidang studi Bangunan Transportasi. Penulis juga pernah aktif dalam beberapa kegiatan kemahasiswaan diantaranya : menjadi Staff Badan Semi Otonom Kewirausahaan di BEM FTSP ITS 2015/2016, menjadi Kepala Departemen Entrepreneur and Money Maker (EMM) di HMDS IDEAL 2016/2017 dan berbagai kepanitiaan di beberapa kegiatan yang ada selama menjadi mahasiswa. Penulis bisa dihubungi via email [dyahayurc7@gmail.com](mailto:dyahayurc7@gmail.com). Motto hidup : Sukses adalah berani bertindak dan memiliki prinsip.

## **KONSOLIDASI**

Pemodelan lapisan tanah untuk penurunan konsolidasi dilakukan pada *Plaxis 2D* versi 8.6 dan versi 2012. Kedua versi *plaxis* tentunya memiliki perbedaan masing-masing. Dalam pemodelan lapisan tanah untuk penurunan konsolidasi pada *Plaxis 2D* dengan menggunakan data parameter tanah yang telah ditentukan melalui korelasi N-SPT. Pemodelan lapisan tanah untuk penurunan konsolidasi dimodelkan dengan model tanah *plane strain*.

Model *plane strain* digunakan untuk geometri dengan penampang seragam (kurang lebih) seragam dan keadaan tegangan dan skema pemuatan yang sesuai dengan panjang tertentu tegak lurus terhadap penampang melintang (*z-displacement*). perpindahan dan strain dalam arah-*z* diasumsikan nol.

## KONSOLIDASI dengan *PLAXIS 2D V.2015*

**Tabel Parameter Konsolidasi**

Parameter	Name	Lempung Lanau 1	Lempung Lanau 2	Lempung pasir an	Pasir Kerikilan	Tanah Pasir	Perkerasan	Unit
<b>General</b>								
Material Model	Model	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Linear Elastic	-
Type of material behaviour	Type	Undrained (B)	Undrained (B)	Undrained (B)	Drained	Drained	Non-Porous	-
Soil unit weight above phreatic level	$\gamma_{unsat}$	16	16	16	20	16	23	kN/m <sup>3</sup>
Soil unit weight below phreatic level	$\gamma_{sat}$	18	18	18	20	18	23	kN/m <sup>3</sup>
<b>Parameters</b>								
Young's modulus	E'	8000	9000	36250	140000	17500	30.10 <sup>7</sup>	kN/m <sup>2</sup>
Poisson's ratio	$\nu'$	0.25	0.26	0.25	0.3	0.4	0.15	-
Cohesion	$c'_{ref}$	-	-	-	200	5	-	kN/m <sup>2</sup>
Undrained shear strength	$su'_{ref}$	155	190	330	-	-	-	kN/m <sup>2</sup>
Friction angle	$\phi'$	-	-	-	45	30	-	°
Dilatancy angle	$\psi$	-	-	-	-	-	-	°
<b>Groundwater</b>								
Data set	-	USDA	USDA	USDA	USDA	USDA	-	-
Model	-	Van Genuchten	Van Genuchten	Van Genuchten	Van Genuchten	Van Genuchten	-	-
Soil type	-	Silty Clay	Silty Clay	Sandy Clay	Sand	Sand	-	-
< 2mm	-	48	48	42	4	4	-	%
2mm - 50mm	-	45	45	5	4	4	-	%
50mm - 2mm	-	7	7	53	92	92	-	%
Use defaults	-	From data set	From data set	From data set	From data set	From data set	-	-
Permeability in horizontal direction	$k_x$	0,004752	0,004752	0,2877	7.128	7.128	-	m/day
Permeability in vertical direction	$k_y$	0,004572	0,004572	0,2877	7.128	7.128	-	m/day

## KONSOLIDASI

- Klik pada tab *Staged Construction* untuk melanjutkan dengan definisi fase perhitungan.
- Pastikan semua volume tanah aktif dan semua elemen struktur dan beban tidak aktif.

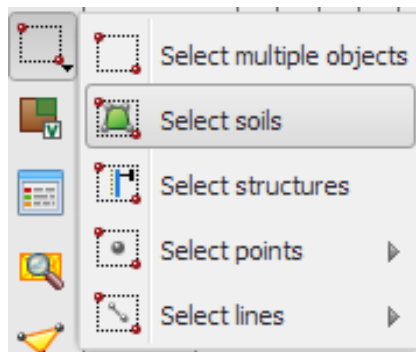
Analisis konsolidasi memperkenalkan dimensi waktu dalam perhitungan. Untuk melakukan dengan benar, analisis konsolidasi dengan langkah waktu yang tepat harus dipilih.

*(Minimum Excess Pore Pressure)*

Konsolidasi sampai semua tekanan pori berlebih dalam geometri telah direduksi menjadi nilai minimum yang telah ditentukan.

### ***Initial Phase:***

- Mulanya, semua komponen struktur dan beban tidak aktif. Karenanya, pastikan bahwa line load dalam keadaan tidak aktif.
- Klik *Select multiple* object pada toolbar samping. Di titik menu yang muncul klik *Select soils*.





- Dalam area gambar, menentukan bentuk persegi panjang untuk memblok lapisan tanah pasir dan perkerasan.

- Klik kanan pada lapisan tanah pasir dan perkerasan yang telah diblok, hingga opsi *deactive* muncul.



### **Phase 1: Timbunan Tanah Pasir**

 Pada *phases explorer*, klik tombol *add phase* untuk membuat fase baru.

 Pada jendela fase, pilih opsi *Consolidation* dari menu tarik-turun *Calculation type* di subtree *General*.

 Pastikan bahwa opsi *Staged construction* dipilih untuk

### **Loading type.**

- Masukkan *Time interval* selama 5 hari. Nilai default dari parameter yang tersisa akan digunakan.
- Dalam area gambar, menentukan bentuk persegi panjang untuk memblok lapisan tanah pasir dan perkerasan.
- Klik kanan pada lapisan tanah yang telah diblok tersebut, pilih opsi *set material*, lalu klik tanah pasir.
- Lapisan tanah pasir telah aktif dan terlihat dalam warna yang telah ditentukan dalam dataset material.



## Phase 2: Minimum Pore Pressure



Pada *phases explorer*, klik tombol *add phase* untuk membuat fase baru.



Pada jendela fase, pilih opsi *Consolidation* dari menu tarik-turun *Calculation type* di subtree *General*.



Pastikan bahwa opsi *minimum excess pore pressure* dipilih untuk *Loading type*.

Name	Value
<b>General</b>	
ID	Minimum Pore [Phase_2]
Start from phase	Timbunan
Calculation type	Consolidation
Loading type	Minimum excess pore pressure
P-stop	1.000 kN/m <sup>2</sup>
$\Sigma M_{weight}$	1.000
Pore pressure calculation type	Use pressures from previous
Thermal calculation type	Ignore temperature
First step	6
Last step	12
Design approach	(None)

## Phase 3: Penggalan



Pada *phases explorer*, klik tombol *add phase* untuk membuat fase baru.





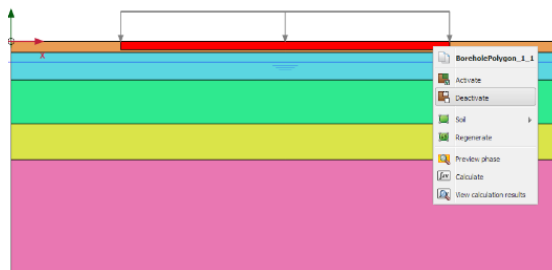
Pada jendela fase, pilih opsi *Consolidation* dari menu tarik-turun *Calculation type* di subtree *General*.



Pastikan bahwa opsi *Staged construction* dipilih untuk

*Loading type*.

- Masukkan *Time interval* selama 10 hari. Nilai default dari parameter yang tersisa akan digunakan.
- Dalam area gambar, menentukan bentuk persegi panjang untuk memblok perkerasan.
- Klik kanan pada lapisan perkerasan yang telah diblok, hingga opsi *deactive* muncul.



#### ***Phase 4: Minimum Pore Pressure***



Pada *phases explorer*, klik tombol *add phase* untuk membuat fase baru.



Pada jendela fase, pilih opsi *Consolidation* dari menu tarik-turun *Calculation type* di subtree *General*.



Pastikan bahwa opsi *minimum excess pore pressure* dipilih untuk *Loading type*.

## Phase 5: Perkerasan



Pada *phases explorer*, klik tombol *add phase* untuk membuat fase baru.



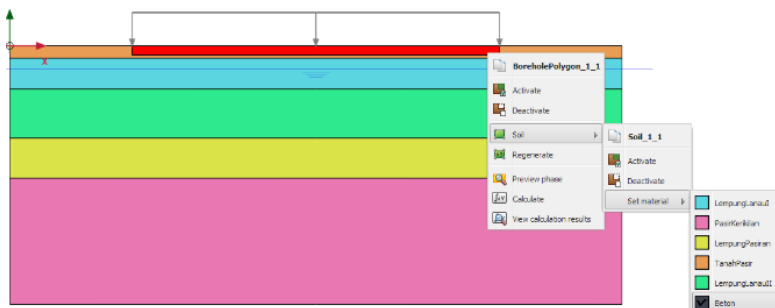
Pada jendela fase, pilih opsi *Consolidation* dari menu tarik-turun *Calculation type* di subtree *General*.



Pastikan bahwa opsi *Staged construction* dipilih untuk

*Loading type*.

- Masukkan *Time interval* selama 2 hari. Nilai default dari parameter yang tersisa akan digunakan.
- Dalam area gambar, menentukan bentuk persegi panjang untuk memblok perkerasan.
- Klik kanan pada lapisan perkerasan yang telah diblok tersebut, pilih opsi set material, lalu klik perkerasan.
- Lapisan perkerasan telah aktif dan terlihat dalam warna yang telah ditentukan dalam dataset material.



## Phase 6: Minimum Pore Pressure



Pada *phases explorer*, klik tombol *add phase* untuk membuat fase baru.



Pada jendela fase, pilih opsi *Consolidation* dari menu tarik-turun *Calculation type* di subtree *General*.



Pastikan bahwa opsi *minimum excess pore pressure* dipilih untuk *Loading type*.

### **Phase 7: Loading**



Pada *phases explorer*, klik tombol *add phase* untuk membuat fase baru.



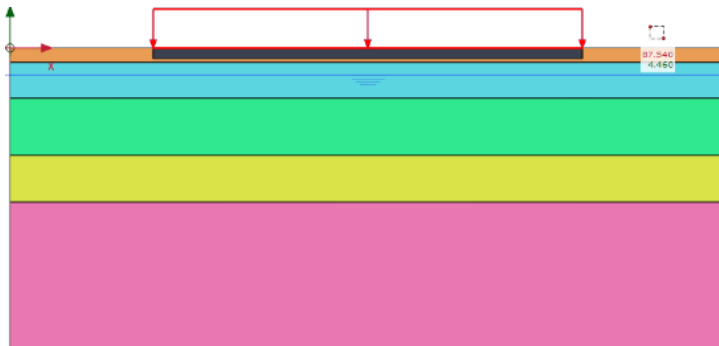
Pada jendela fase, pilih opsi *Consolidation* dari menu tarik-turun *Calculation type* di subtree *General*.



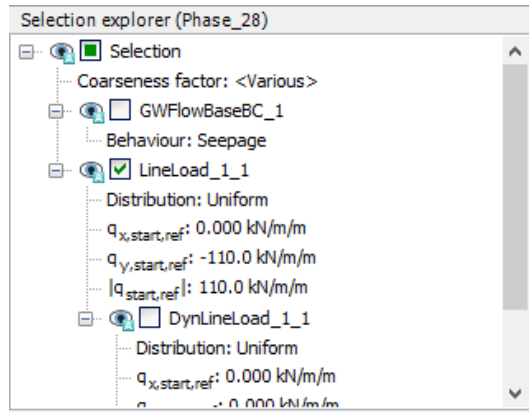
Pastikan bahwa opsi *Staged construction* dipilih untuk

*Loading type*.

- Masukkan *Time interval* selama 2 hari. Nilai default dari parameter yang tersisa akan digunakan.
- Klik *Select multiple object* pada toolbar samping.
- Dalam area gambar, menentukan bentuk persegi panjang untuk memblok *line load*.



- Klik *checkbox* yang ada pada model *explorer*. Elemen aktif ditandai dengan tanda centang hijau.
- Setelah mengklik *line load*, masukkan nilai -110 ke  $q_{y,start,ref}$  pada *selection explorer*.



## **TIANG TUNGGAL**

Pemodelan tiang tunggal dilakukan pada 2 (dua) jenis *plaxis* yakni *Plaxis 2D* versi 8.6 dan *Plaxis 2D* versi 2012. Kedua jenis *plaxis* tersebut memiliki perbedaan dan keterbatasan program masing-masing dalam memodelkan tiang tunggal. Pemodelan tiang tunggal digambarkan pada lapisan tanah yang mewakili lapisan tanah dengan data tanah pada titik H-07.

Model axisymmetric digunakan untuk struktur melingkar dengan (lebih atau kurang) penampang radial seragam seragam dan skema pemuatan di sekitar sumbu pusat, di mana deformasi dan status tegangan diasumsikan sama di segala arah.

## Tiang Tunggal dengan *PLAXIS 2D V.2015*

**Tabel Parameter Tiang Tunggal**

Parameter	Name	Lempung Lanau 1	Lempung Lanau 2	Lempung pasir an	Pasir Kerikilan	Tanah Pasir	Beton	Unit
<b>General</b>								
Material Model	Model	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Linear Elastic	-
Type of material behaviour	Type	Undrained (B)	Undrained (B)	Undrained (B)	Drained	Drained	Non-Porous	-
Soil unit weight above phreatic level	$\gamma_{unsat}$	16	16	16	20	16	23	kN/m <sup>3</sup>
Soil unit weight below phreatic level	$\gamma_{sat}$	18	18	18	20	18	23	kN/m <sup>3</sup>
<b>Parameters</b>								
Young's modulus	E'	8000	9000	36250	140000	17500	30.10 <sup>7</sup>	kN/m <sup>2</sup>
Poisson's ratio	$\nu'$	0.25	0.26	0.25	0.3	0.4	0.15	-
Cohesion	$c'_{ref}$	-	-	-	200	5	-	kN/m <sup>2</sup>
Undrained shear strength	$su'_{ref}$	155	190	330	-	-	-	kN/m <sup>2</sup>
Friction angle	$\phi'$	-	-	-	45	30	-	°
Dilatancy angle	$\psi$	-	-	-	-	-	-	°
<b>Groundwater</b>								
Data set	-	USDA	USDA	USDA	USDA	USDA	-	-
Model	-	Van Genuchten	Van Genuchten	Van Genuchten	Van Genuchten	Van Genuchten	-	-
Soil type	-	Silty Clay	Silty Clay	Sandy Clay	Sand	Sand	-	-
< 2mm	-	48	48	42	4	4	-	%
2mm - 50mm	-	45	45	5	4	4	-	%
50mm - 2mm	-	7	7	53	92	92	-	%
Use defaults	-	From data set	From data set	From data set	From data set	From data set	-	-
Permeability in horizontal direction	$k_x$	0,004752	0,004752	0,2877	7.128	7.128	-	m/day
Permeability in vertical direction	$k_y$	0,004572	0,004572	0,2877	7.128	7.128	-	m/day

## TIANG TUNGGA

### ***Initial Phase:***

- Mulanya, semua komponen struktur dan beban tidak aktif. Karenanya, pastikan bahwa *point load* dalam keadaan tidak aktif.

### ***Phase 1: Bor***



Pada *phases explorer*, klik tombol *add phase* untuk membuat fase baru.



Pada jendela fase, pilih opsi *Plastic calculation* dari menu tarik-turun *Calculation type* di subtree *General*.

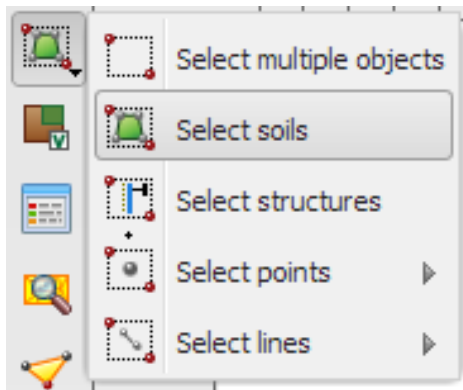


Pastikan bahwa opsi *Staged construction* dipilih untuk *Loading type*.

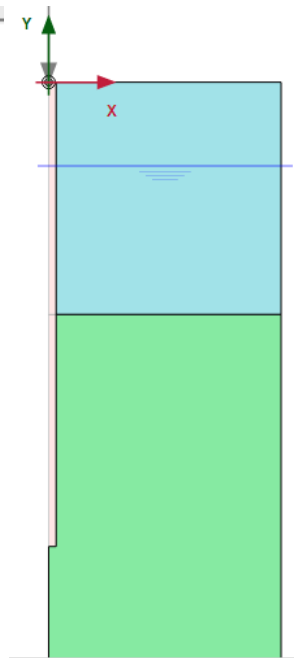


Klik *Select multiple objects* pada samping toolbar. Pada menu muncul *Select soils*.

- Dalam area gambar, menentukan bentuk persegi panjang untuk memblok lapisan tanah yang telah ditentukan untuk dibor.
- Klik kanan pada lapisan tanah yang telah diblok tersebut, pilih *deactive*.
- Lapisan tanah tidak aktif.



*Select soils option*



Lapisan tanah yang telah tidak aktif.

## ***Phase 2: Cor***



Pada *phases explorer*, klik tombol *add phase* untuk membuat fase baru.



Pada jendela fase, pilih opsi *Plastic calculation* dari menu tarik-turun *Calculation type* di subtree *General*.



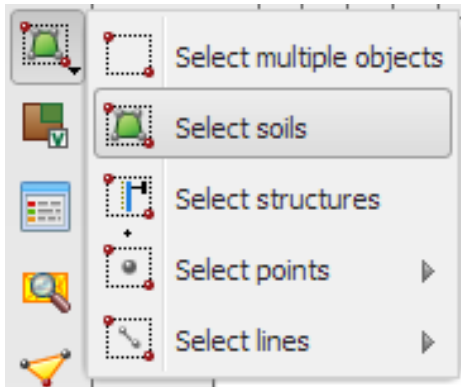
Pastikan bahwa opsi *Staged construction* dipilih untuk *Loading type*.



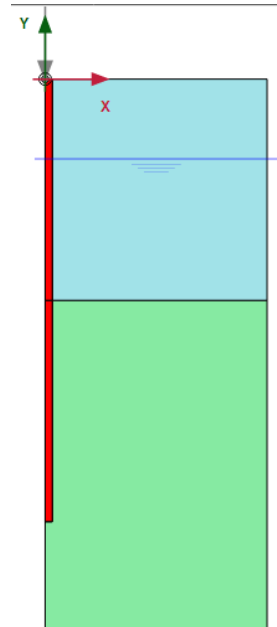


Klik *Select multiple objects* pada samping toolbar. Pada menu muncul *Select soils*.

- Dalam area gambar, menentukan bentuk persegi panjang untuk memblok lapisan tanah yang telah dibor

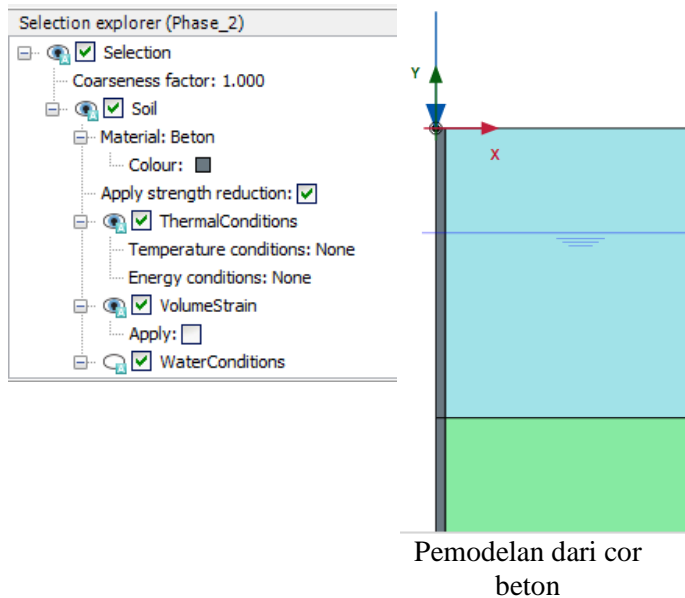


*Select soils option*



*Multi-selection of soils*

Klik *checkbox* yang ada pada model *explorer*. Elemen aktif ditandai dengan tanda centang hijau



Lapisan tanah telah diganti oleh beton dan terlihat dalam warna yang telah ditentukan dalam dataset material.

### **Phase 3: Load 1kN**



Pada *phases explorer*, klik tombol *add phase* untuk membuat fase baru.



Pada jendela fase, pilih opsi *Plastic calculation* dari menu tarik-turun *Calculation type* di subtree *General*.



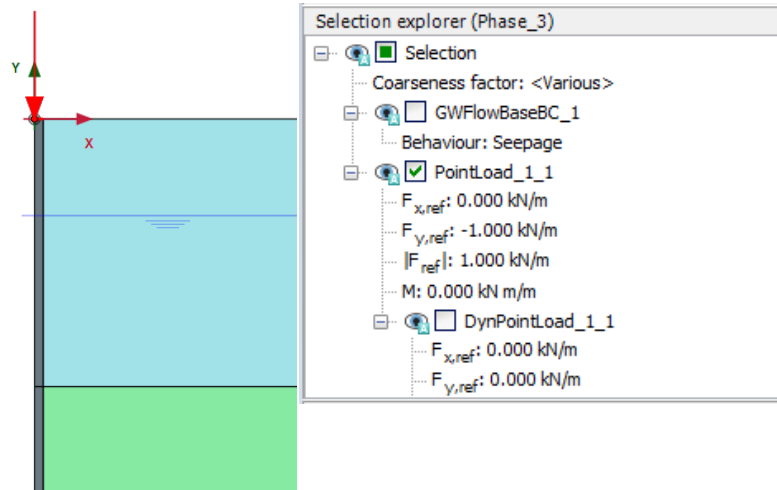
Pastikan bahwa opsi *Staged construction* dipilih untuk *Loading type*.



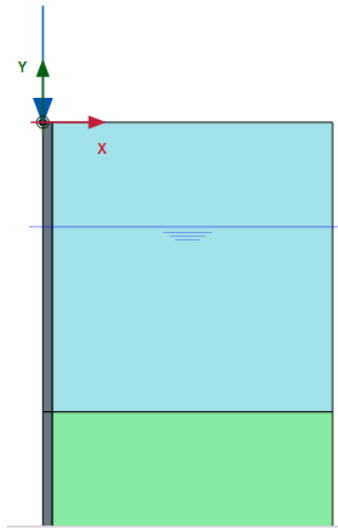
Klik *Select multiple objects* pada samping toolbar.

- Dalam area gambar, menentukan bentuk persegi panjang untuk memblok *point load*.

- Klik *checkbox* yang ada pada model *explorer*. Elemen aktif ditandai dengan tanda centang hijau
- Klik *checkbox* yang ada pada model *explorer*. Elemen aktif ditandai dengan tanda centang hijau.
- Setelah mengklik *line load*, masukkan nilai -1 ke  $q_{y,start,ref}$  pada *selection explorer*.



*Multi-selection*



Pemodelan dari cor beton

#### ***Phase 4: Multiplier***



Pada *phases explorer*, klik tombol *add phase* untuk membuat fase baru.



Pada jendela fase, pilih opsi *Plastic calculation* dari menu tarik-turun *Calculation type* di subtree *General*.



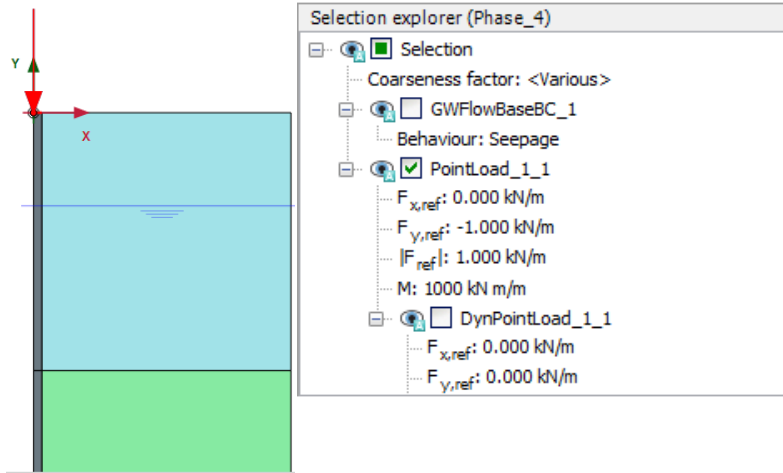
Pastikan bahwa opsi *Staged construction* dipilih untuk *Loading type*.



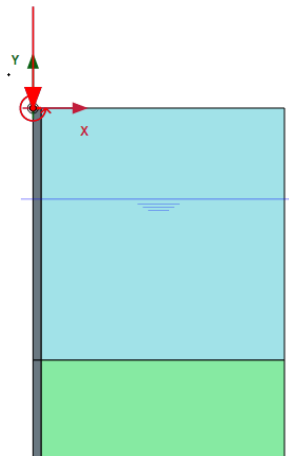
Klik *Select multiple objects* pada samping toolbar.

- Dalam area gambar, menentukan bentuk persegi panjang untuk memblok *point load*. (gambar)
- Klik *checkbox* yang ada pada model *explorer*. Elemen aktif ditandai dengan tanda centang hijau
- Klik *checkbox* yang ada pada model *explorer*. Elemen aktif ditandai dengan tanda centang hijau.

- Setelah mengklik *line load*, masukkan nilai 1000 ke M pada *selection explorer*.



*Multi-selection*



Pemodelan dari cor beton

## **TIANG KELOMPOK**

Pemodelan tiang tunggal dilakukan dengan *Plaxis 2D* versi 2012. Pemodelan tiang kelompok digambarkan pada lapisan tanah yang mewakili lapisan tanah dengan data tanah pada titik H-07.

Model *plane strain* digunakan untuk geometri dengan penampang seragam (kurang lebih) seragam dan keadaan tegangan dan skema pemuatan yang sesuai dengan panjang tertentu tegak lurus terhadap penampang melintang (z-displacement). perpindahan dan strain dalam arah-z diasumsikan nol.

## TIANG KELOMPOK (*Embedded Beam Rows*) dengan *PLAXIS 2D V.2015*

**Tabel Parameter Tiang Kelompok**

Parameter	Name	Lempung Lanau 1	Lempung Lanau 2	Lempung pasir an	Pasir Kerikilan	Tanah Pasir	Perkerasan	Unit
<b>General</b>								
Material Model	Model	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Linear Elastic	-
Type of material behaviour	Type	Undrained (B)	Undrained (B)	Undrained (B)	Drained	Drained	Non-Porous	-
Soil unit weight above phreatic level	$\gamma_{unsat}$	16	16	16	20	16	23	kN/m <sup>3</sup>
Soil unit weight below phreatic level	$\gamma_{sat}$	18	18	18	20	18	23	kN/m <sup>3</sup>
<b>Parameters</b>								
Young's modulus	E'	8000	9000	36250	140000	17500	30.10 <sup>7</sup>	kN/m <sup>2</sup>
Poisson's ratio	$\nu'$	0.25	0.26	0.25	0.3	0.4	0.15	-
Cohesion	$c'_{ref}$	-	-	-	200	5	-	kN/m <sup>2</sup>
Undrained shear strength	$su'_{ref}$	155	190	330	-	-	-	kN/m <sup>2</sup>
Friction angle	$\bar{j}$	-	-	-	45	30	-	°
Dilatancy angle	$\gamma$	-	-	-	-	-	-	°
<b>Groundwater</b>								
Data set	-	USDA	USDA	USDA	USDA	USDA	-	-
Model	-	Van Genuchten	Van Genuchten	Van Genuchten	Van Genuchten	Van Genuchten	-	-
Soil type	-	Silty Clay	Silty Clay	Sandy Clay	Sand	Sand	-	-
< 2mm	-	48	48	42	4	4	-	%
2mm - 50mm	-	45	45	5	4	4	-	%
50mm -2mm	-	7	7	53	92	92	-	%
Use defaults	-	From data set	From data set	From data set	From data set	From data set	-	-
Permeability in horizontal direction	$k_x$	0,004752	0,004752	0,2877	7.128	7.128	-	m/day
Permeability in vertical direction	$k_y$	0,004572	0,004572	0,2877	7.128	7.128	-	m/day

**Tabel Parameter Pile (Embedded Beam Rows)**

Parameter	Name	Value	Unit
Material Type	Type	Elastic	- Stiffness
E	$3 \cdot 10^7$	kN/m <sup>2</sup>	
Unit weight	g	0	kN/m <sup>3</sup>
Beam type	Type	Predefined	-
Predefined beam type	Type	Massive circular	-
Diameter	D	0.6	m
Pile spacing	$L_{spacing}$	1.5	m
Skin resistance	$T_{skin,start,max}$	124	kN/m
	$T_{skin,end,max}$	226.1	kN/m
Base resistance	$F_{max}$	7913	kN
Interface stiffness factor	-	Default values	-

## TIANG KELOMPOK

### *Initial Phase:*

- Mulanya, semua komponen struktur dan beban tidak aktif. Karenanya, pastikan bahwa *line load* dalam keadaan tidak aktif.



Pada *phases explorer*, klik tombol *add phase* untuk membuat fase baru.



Pada jendela fase, pilih opsi *Plastic calculation* dari menu tarik-turun *Calculation type* di subtree *General*.



Pastikan bahwa opsi *Staged construction* dipilih untuk *Loading type*.



Klik *Select multiple objects* pada samping toolbar. Pada menu muncul *Select soils*.

- Dalam area gambar, menentukan bentuk persegi panjang untuk memblok lapisan tanah pasir yang telah ditentukan.
- Klik kanan pada lapisan tanah pasir yang telah diblok tersebut, pilih *deactive*.
- Lapisan tanah pasir tidak aktif.



## ***Phase 1: Piling 1***



Pada *phases explorer*, klik tombol *add phase* untuk membuat fase baru.



Pada jendela fase, pilih opsi *Plastic calculation* dari menu tarik-turun *Calculation type* di subtree *General*.



Pastikan bahwa opsi *Staged construction* dipilih untuk *Loading type*.

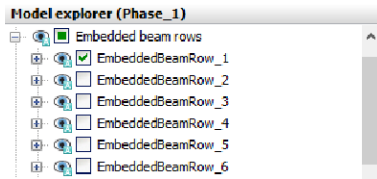


Klik *Select multiple objects* pada samping toolbar. Pada menu muncul *Select structures*.

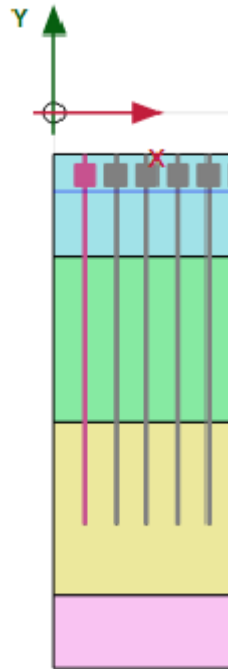


Klik *Select Structures*, kemudian pilih Piling 1 untuk diaktifkan “*Embedded Beam Row*”.

Klik *checkbox* yang ada pada model *explorer*. Elemen aktif ditandai dengan tanda centang hijau.



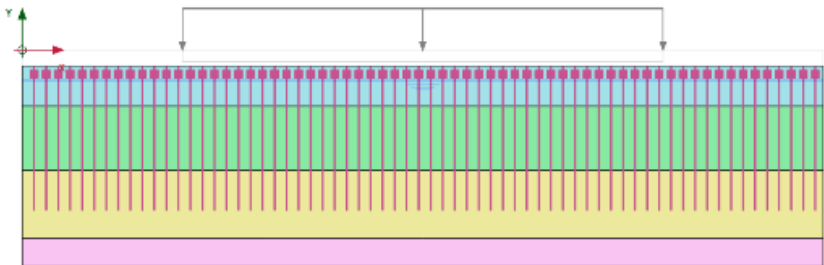
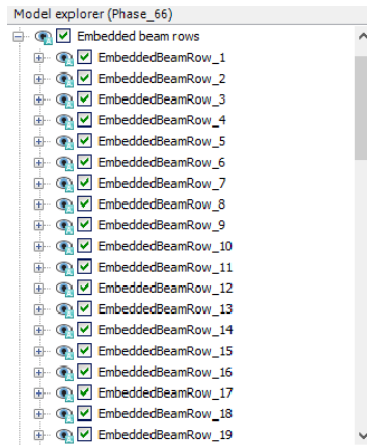
*Select model explorer option*



Piling 1 aktif

### ***Phase 66: Piling 66***

(Lakukan hal yang sama seperti langkah pada *Phase 1 : Piling 1*)



## Phase 25: Timbunan



Pada *phases explorer*, klik tombol *add phase* untuk membuat fase baru.



Pada jendela fase, pilih opsi *Plastic calculation* dari menu tarik-turun *Calculation type* di subtree *General*.

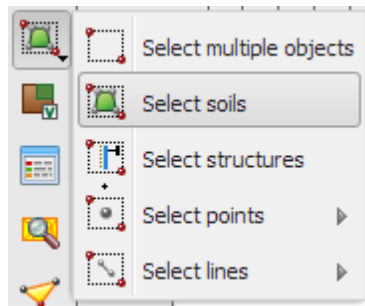


Pastikan bahwa opsi *Staged construction* dipilih untuk *Loading type*.



Klik *Select multiple objects* pada samping toolbar. Pada menu muncul *Select soils*.

- Dalam area gambar, menentukan bentuk persegi panjang untuk memblok lapisan tanah pasir dan perkerasan.
- Klik kanan pada lapisan tanah yang telah diblok tersebut, pilih opsi *set material*, lalu klik tanah pasir.
- Lapisan tanah pasir telah aktif dan terlihat dalam warna yang telah ditentukan dalam dataset material.



*Select soils option*

### ***Phase 26: Gali***



Pada *phases explorer*, klik tombol *add phase* untuk membuat fase baru.



Pada jendela fase, pilih opsi *Plastic calculation* dari menu tarik-turun *Calculation type* di subtree *General*.



Pastikan bahwa opsi *Staged construction* dipilih untuk

*Loading type*.

- Dalam area gambar, menentukan bentuk persegi panjang untuk memblok perkerasan.

- Klik kanan pada lapisan perkerasan yang telah diblok, hingga opsi *deactive* muncul.

### Phase 27: Perkerasan



Pada *phases explorer*, klik tombol *add phase* untuk membuat fase baru.

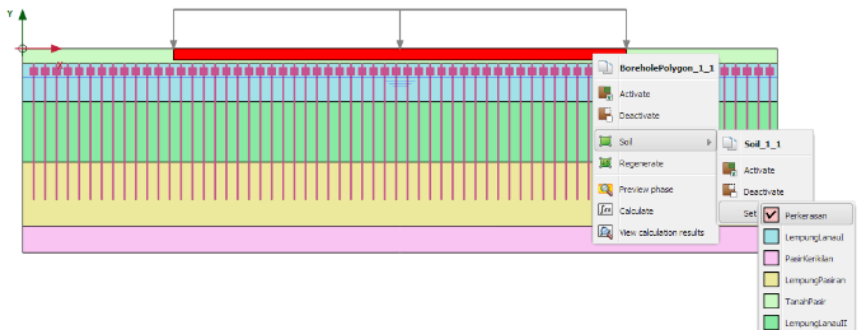


Pada jendela fase, pilih opsi *Plastic calculation* dari menu tarik-turun *Calculation type* di subtree *General*.



Pastikan bahwa opsi *Staged construction* dipilih untuk *Loading type*.

- Dalam area gambar, menentukan bentuk persegi panjang untuk memblok perkerasan
- Klik kanan pada lapisan perkerasan yang telah diblok tersebut, pilih opsi set material, lalu klik perkerasan.
- Lapisan perkerasan telah aktif dan terlihat dalam warna yang telah ditentukan dalam dataset material.



### Phase 28: Loading



Pada *phases explorer*, klik tombol *add phase* untuk membuat fase baru.



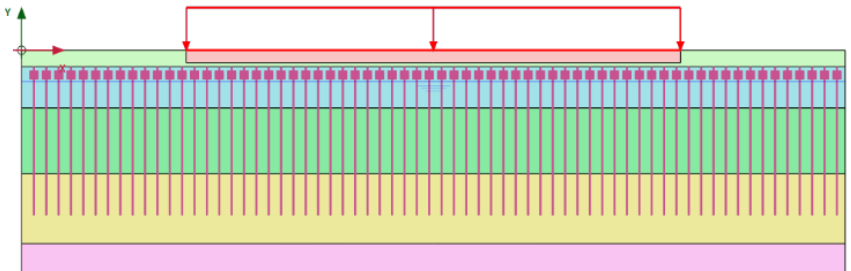
Pada jendela fase, pilih opsi *Plastic calculation* dari menu tarik-turun *Calculation type* di subtree *General*.



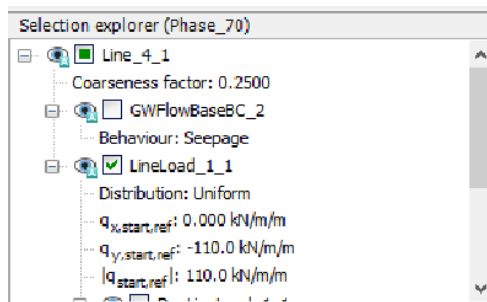
Pastikan bahwa opsi *Staged construction* dipilih untuk

*Loading type.*

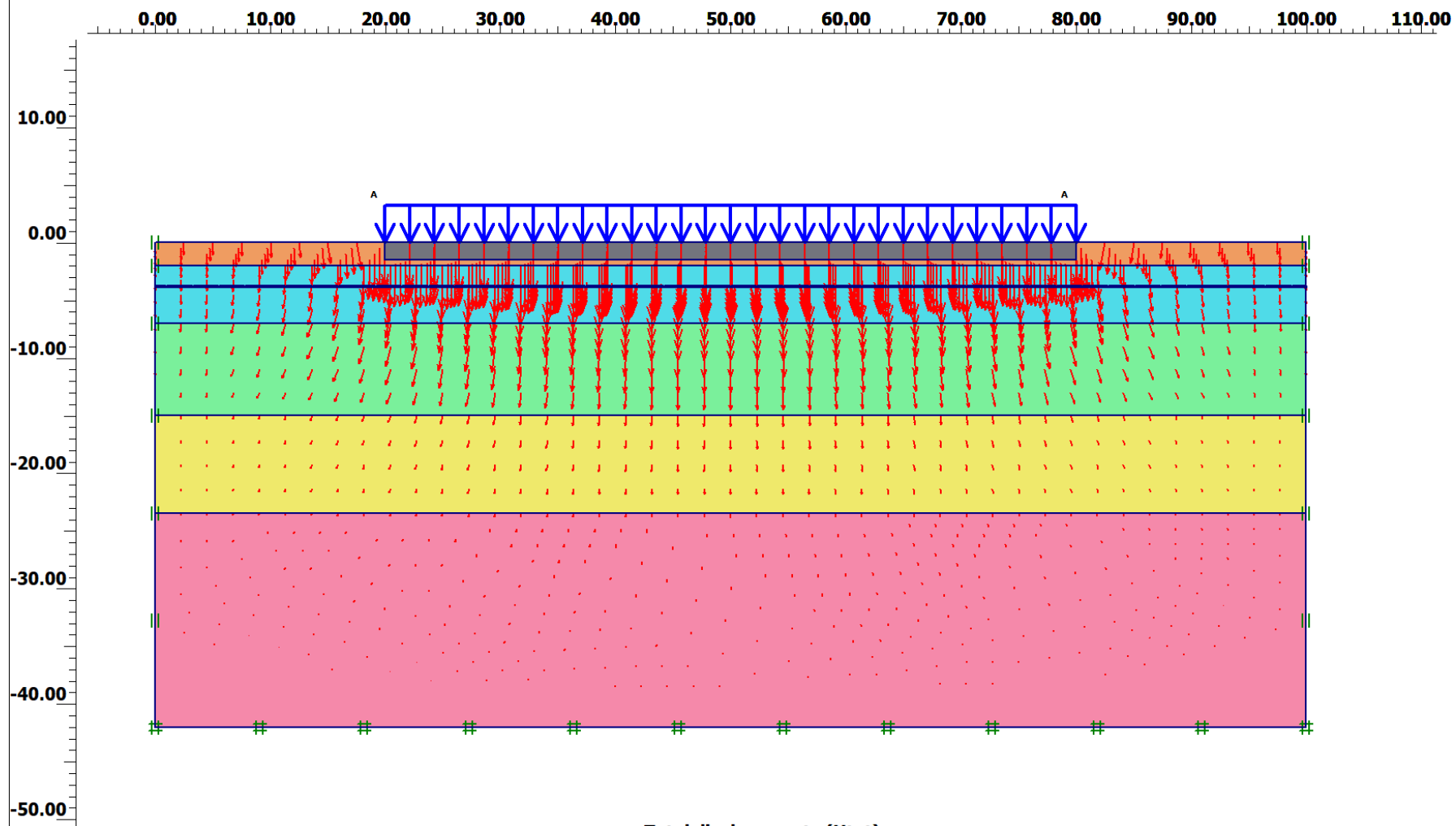
- Klik *Select multiple* object pada toolbar sampling.
- Dalam area gambar, menentukan bentuk persegi panjang untuk memblok *line load*.



- Klik *checkbox* yang ada pada model *explorer*. Elemen aktif ditandai dengan tanda centang hijau.
- Setelah mengklik *line load*, masukkan nilai -110 ke  $q_{y,start,ref}$  pada *selection explorer*.



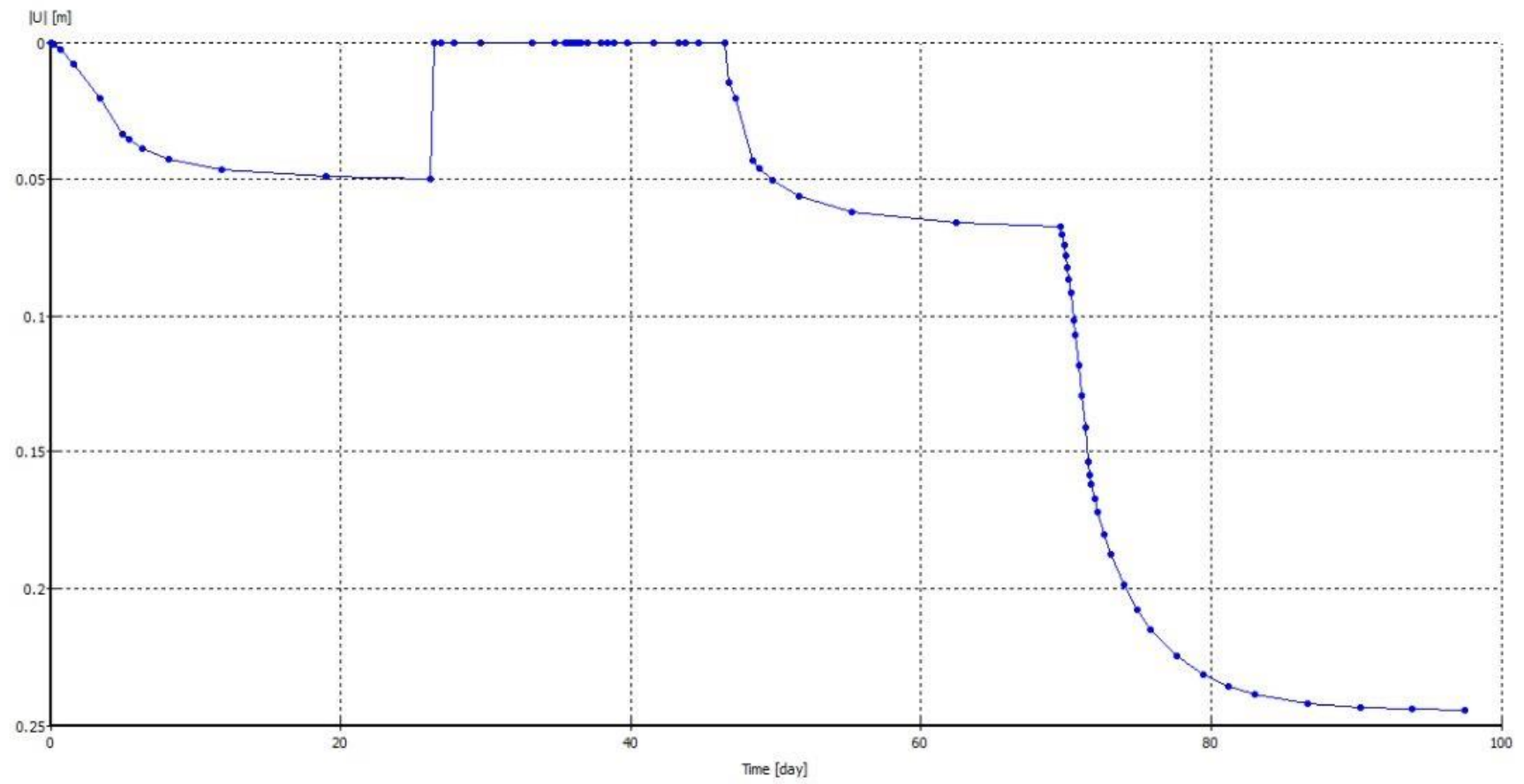
Plaxis 8.6



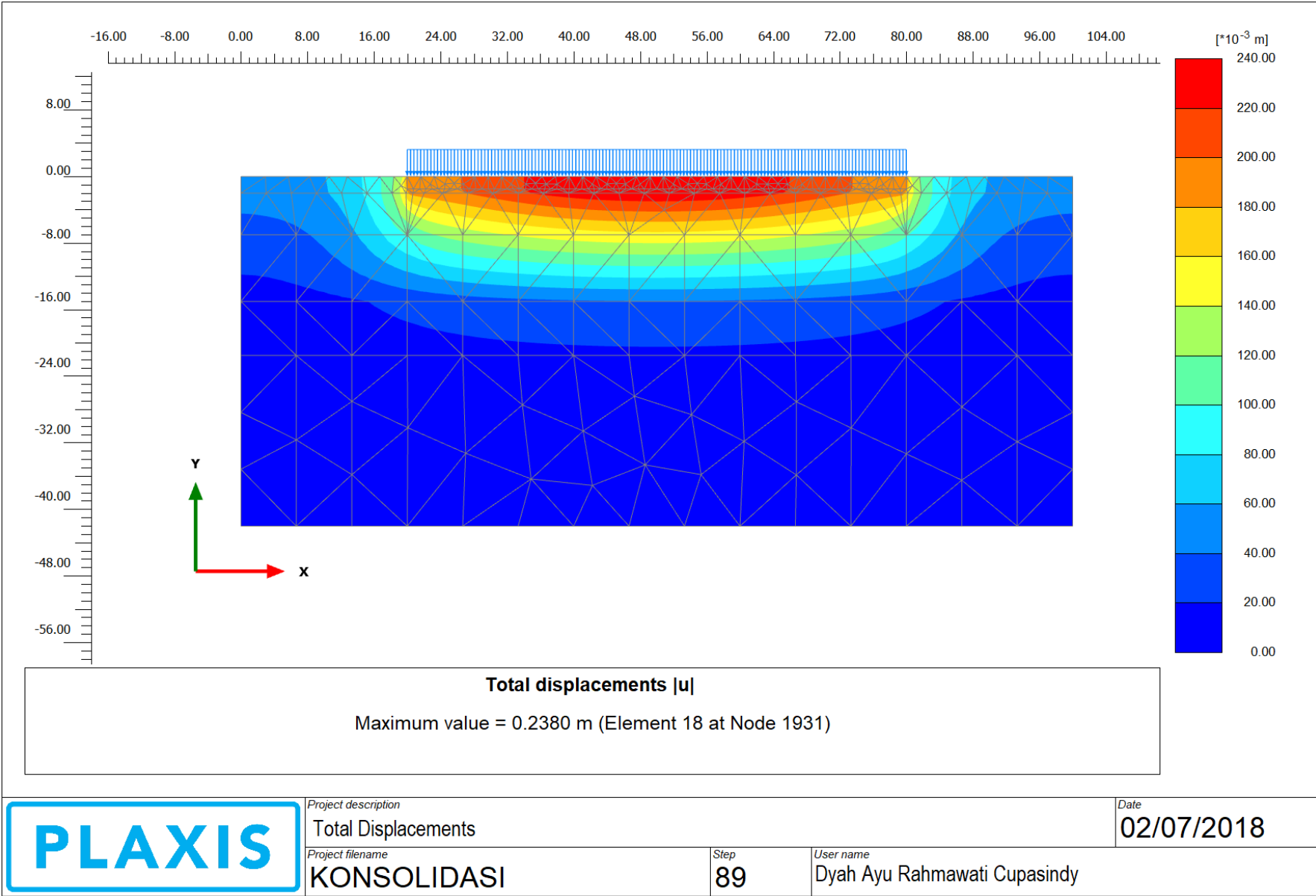
**Total displacements (Utot)**

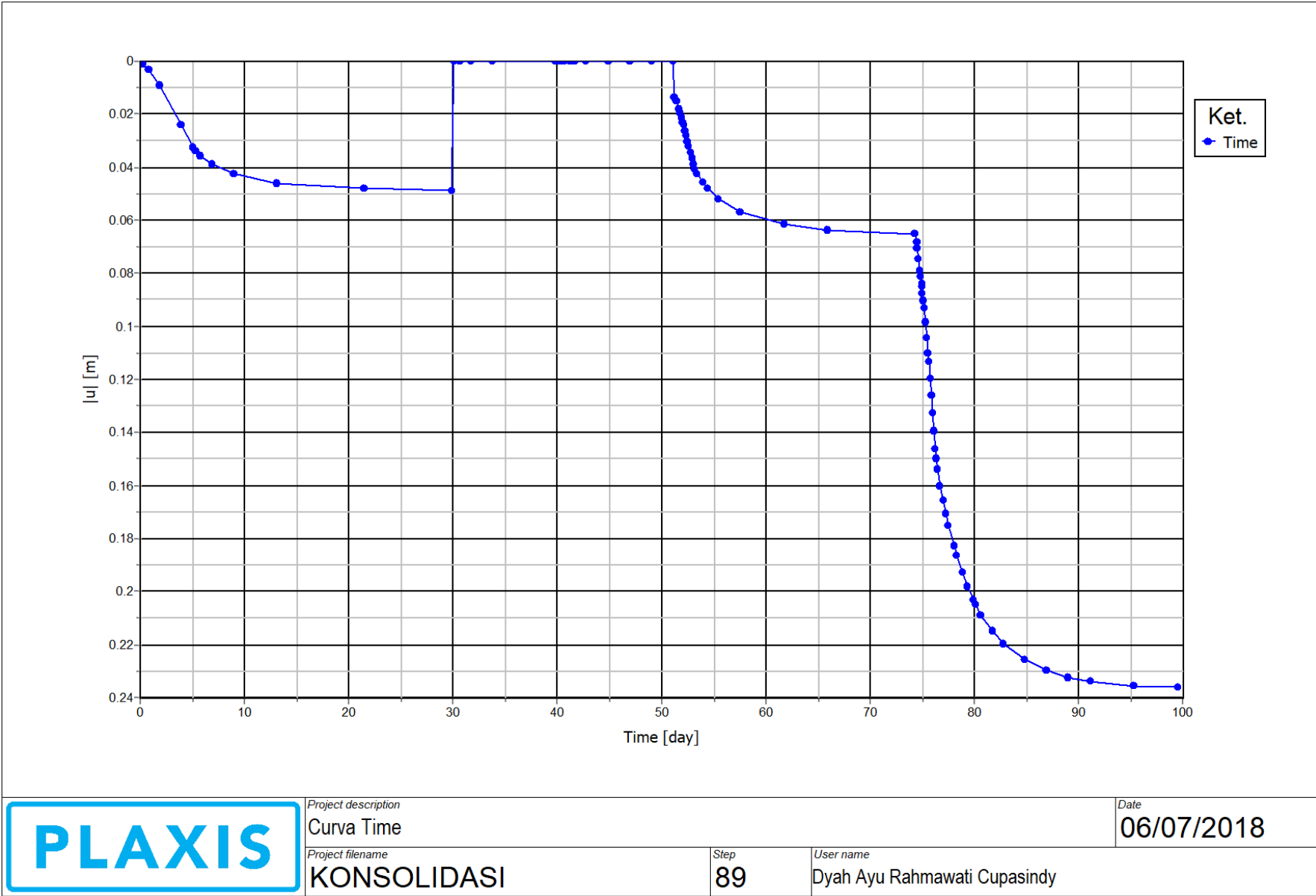
Extreme Utot  $245.17 \cdot 10^{-3}$  m

Grafik

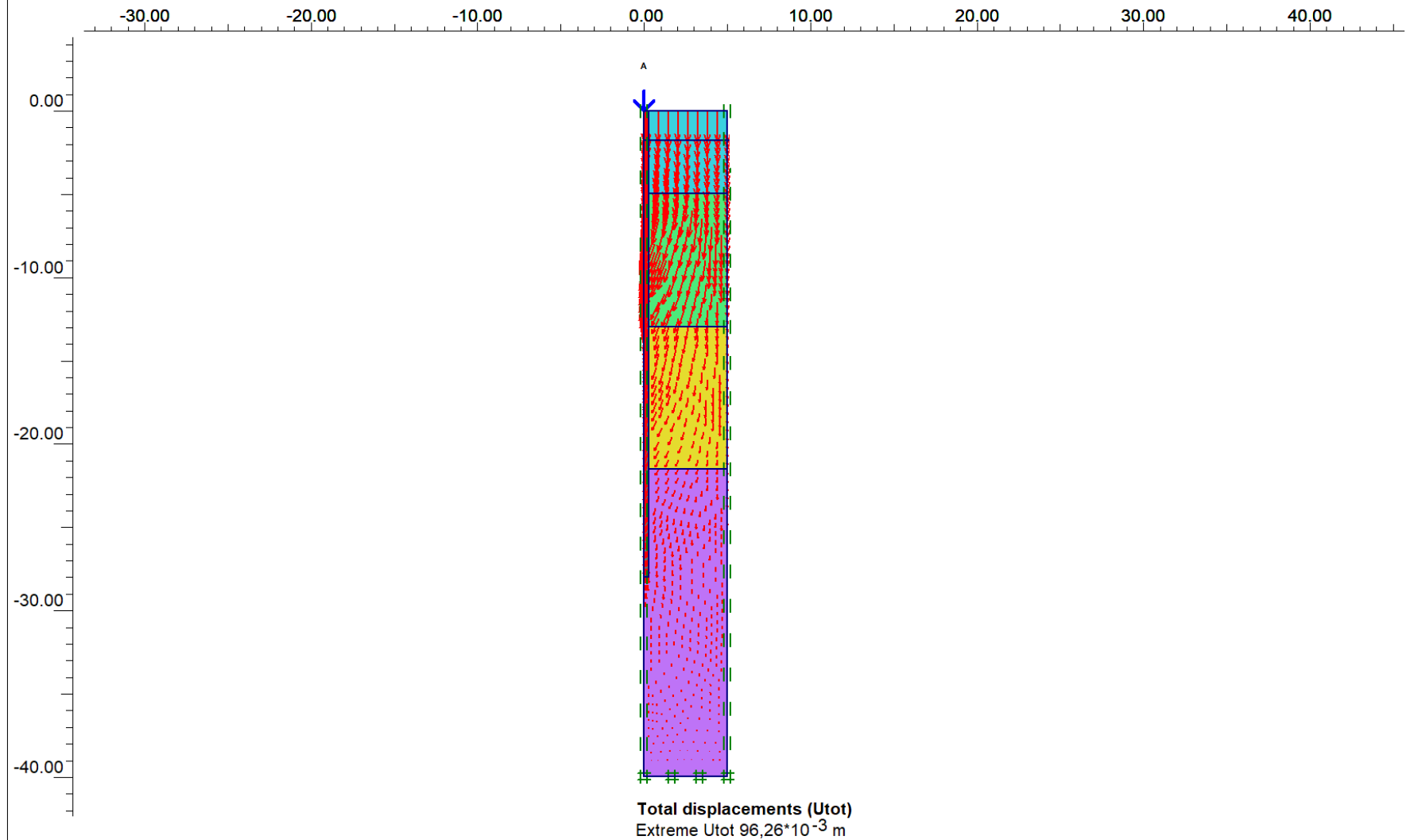


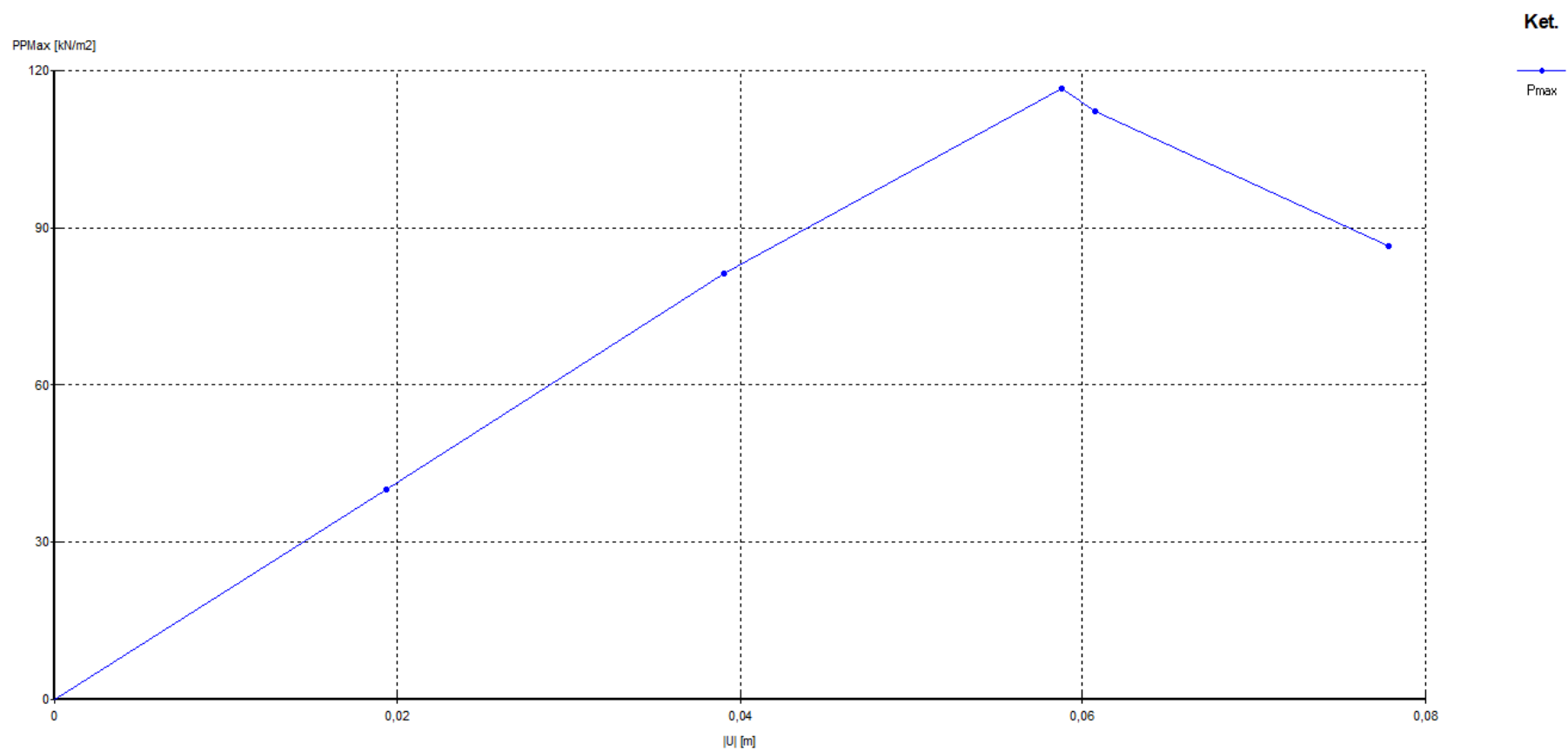


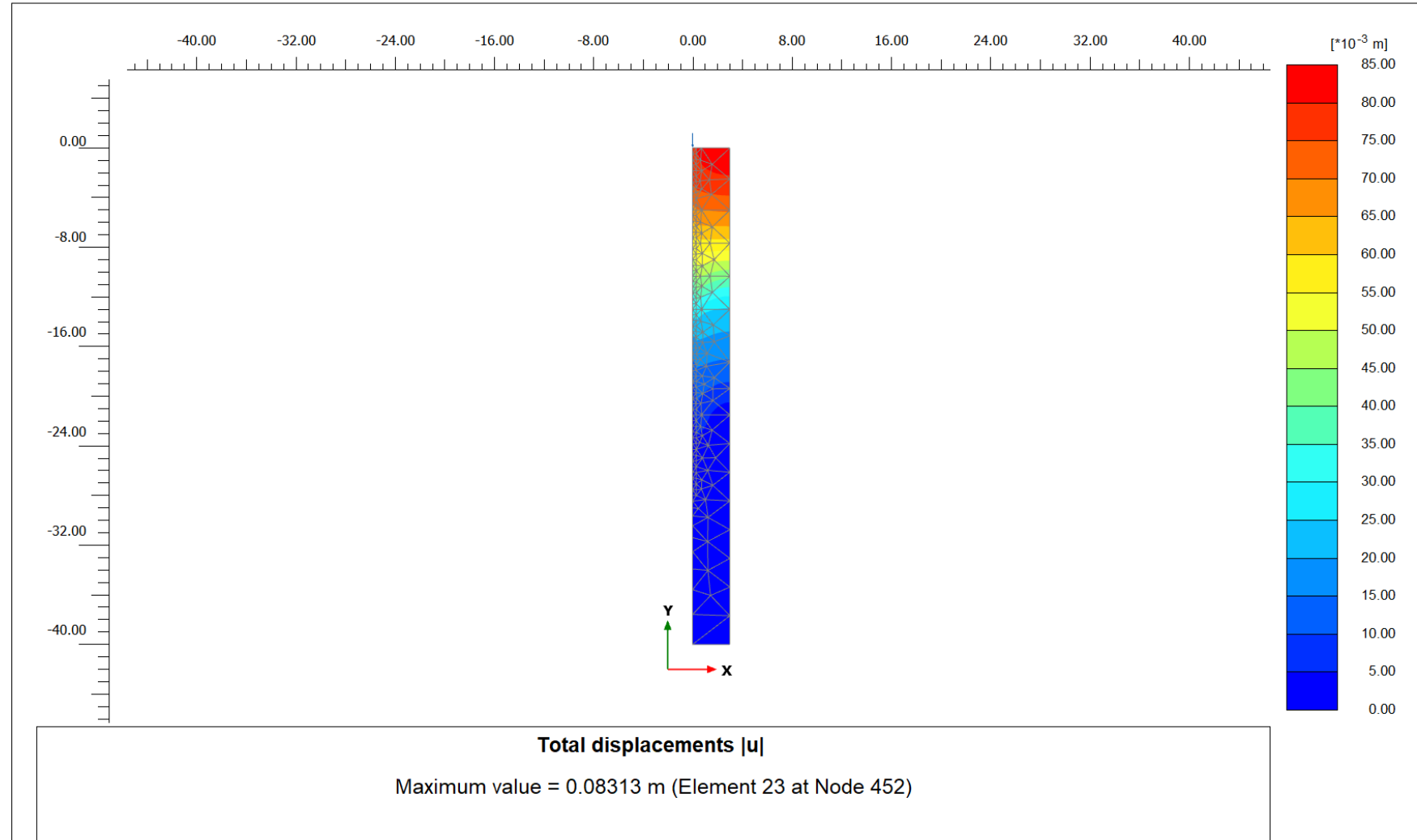




PLAXIS V8







Project description

Total Displacements

Project filename

Tiang Tunggal

Step

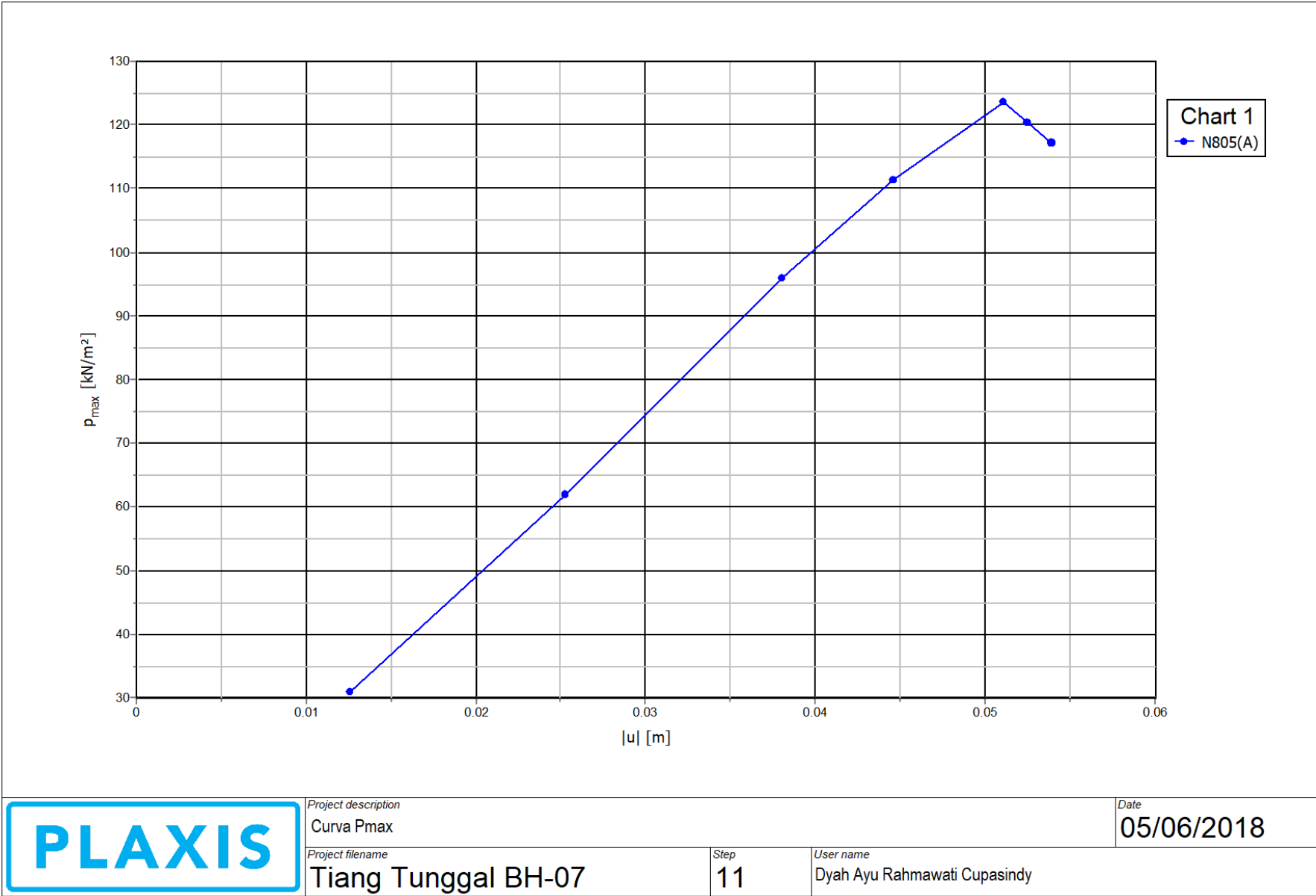
11

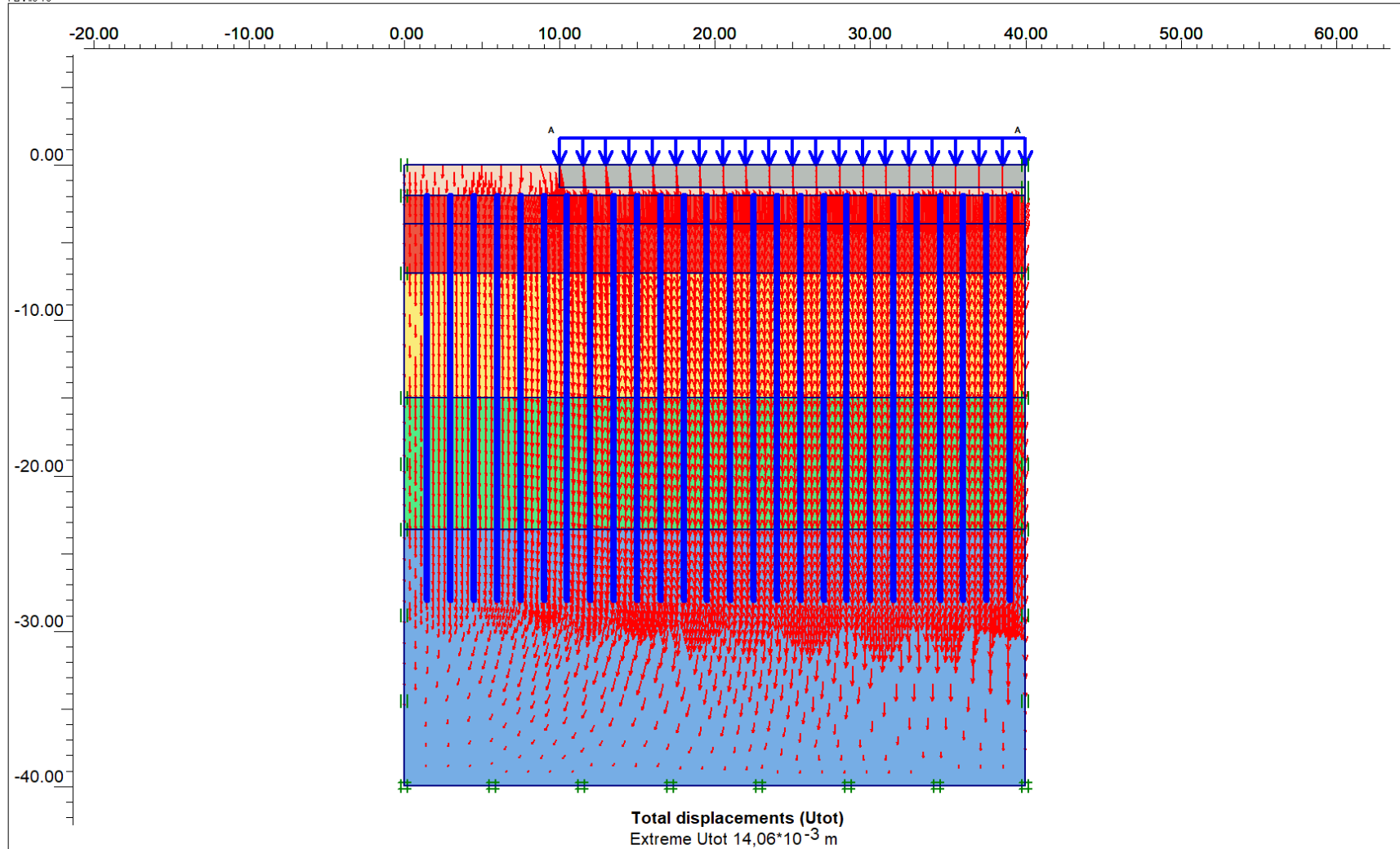
User name

Dyah Ayu Rahmawati Cupasindy

Date

04/06/2018

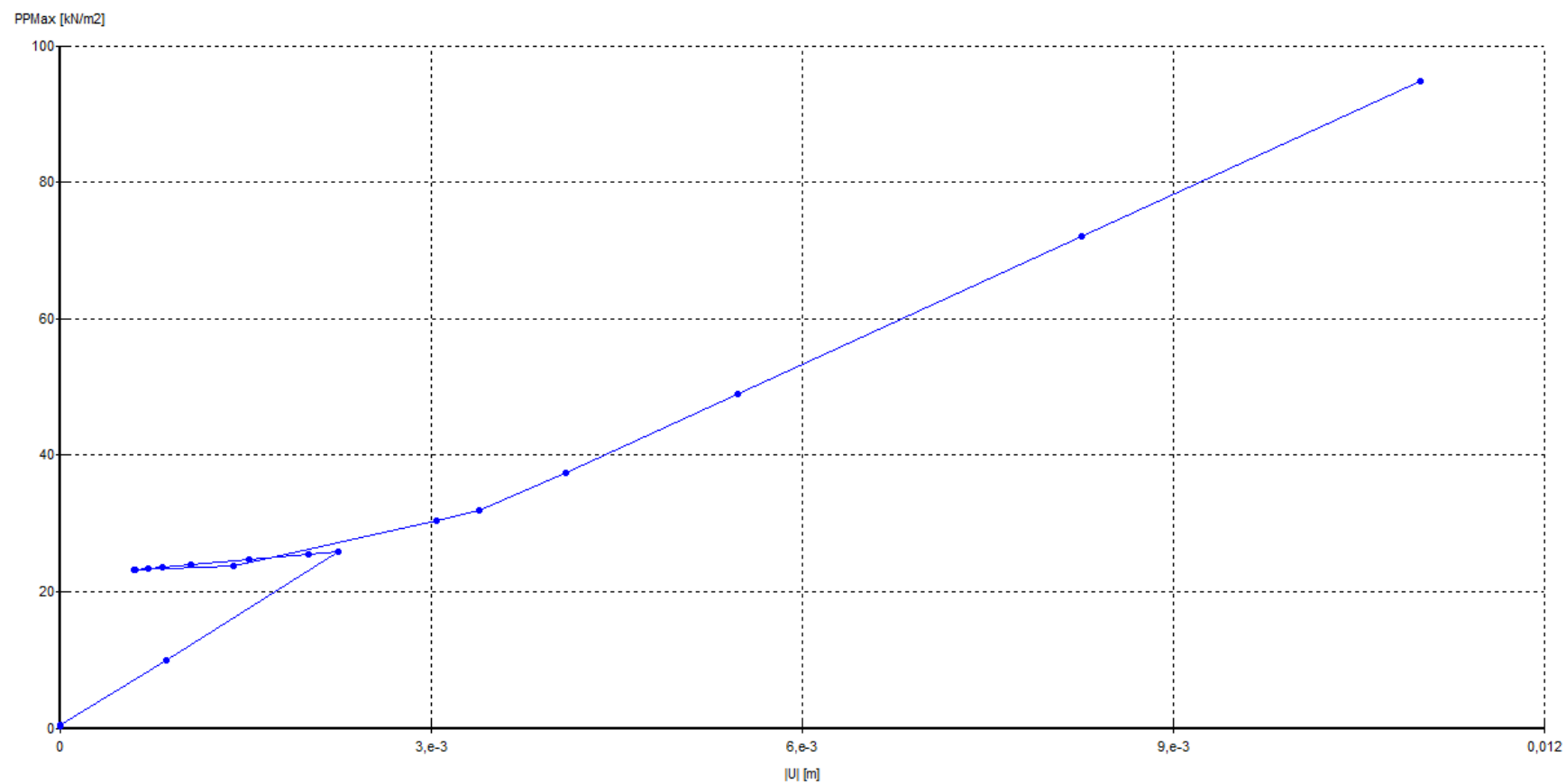




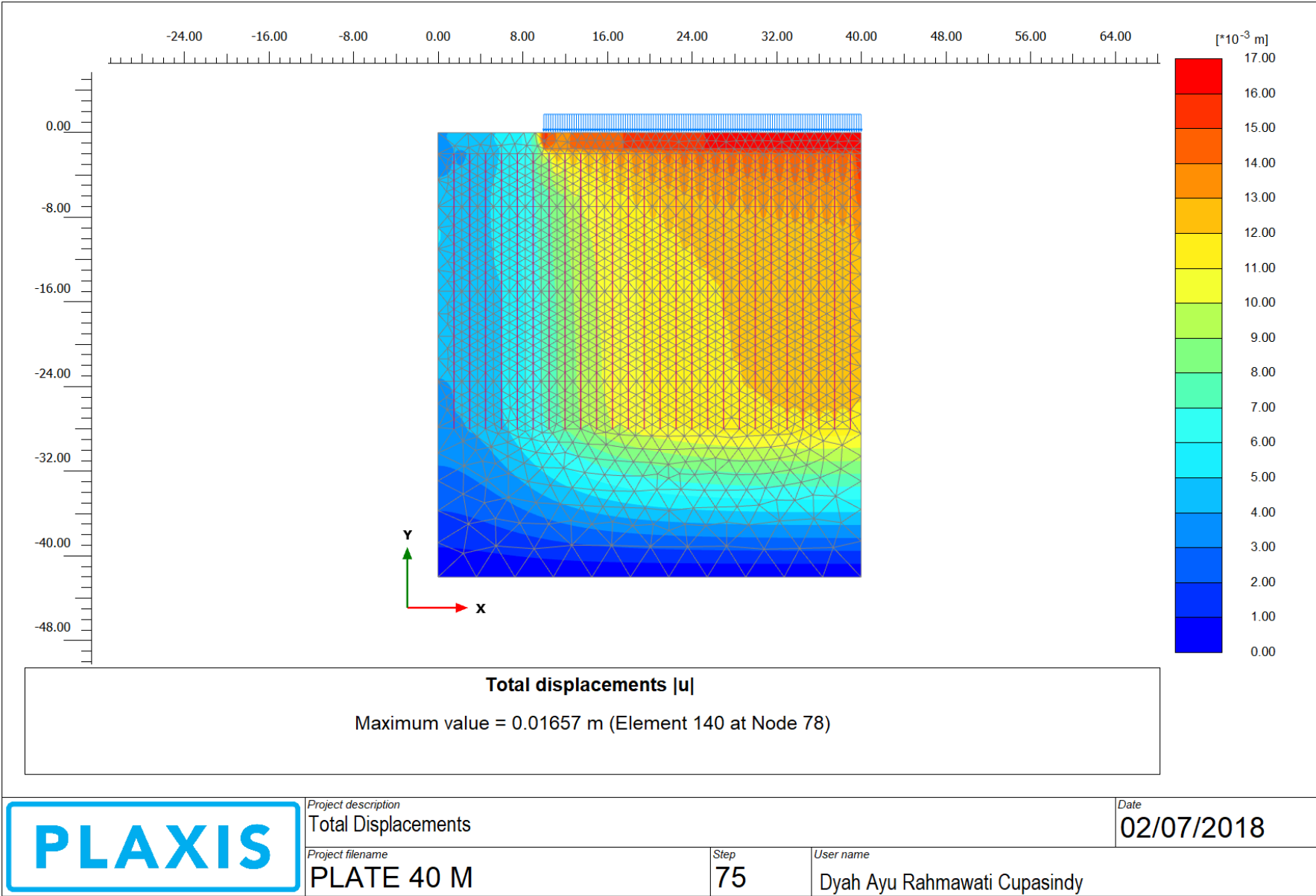
<b>PLAXIS</b> <small>Finite Element Code for Soil and Rock Analyses</small> <small>Version 8.2.4.133</small>	<small>Project description</small> <b>Total Displacements</b>			
	<small>Project name</small> <b>PLATE 40 M</b>	<small>Step</small> <b>68</b>	<small>Date</small> <b>02/07/18</b>	<small>User name</small> <b>Dyah Ayu Rahmawati Cupasindy</b>

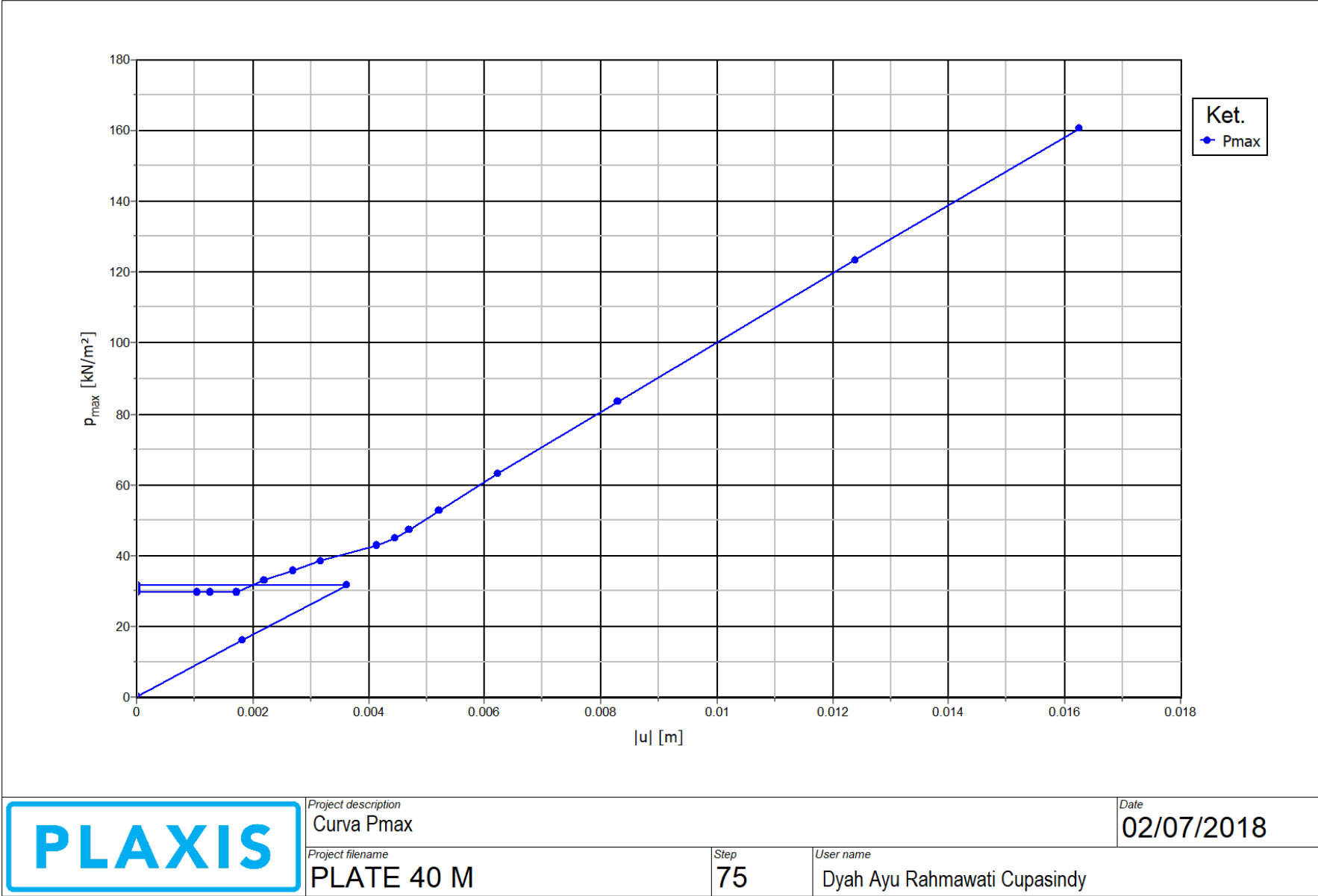
Ket.

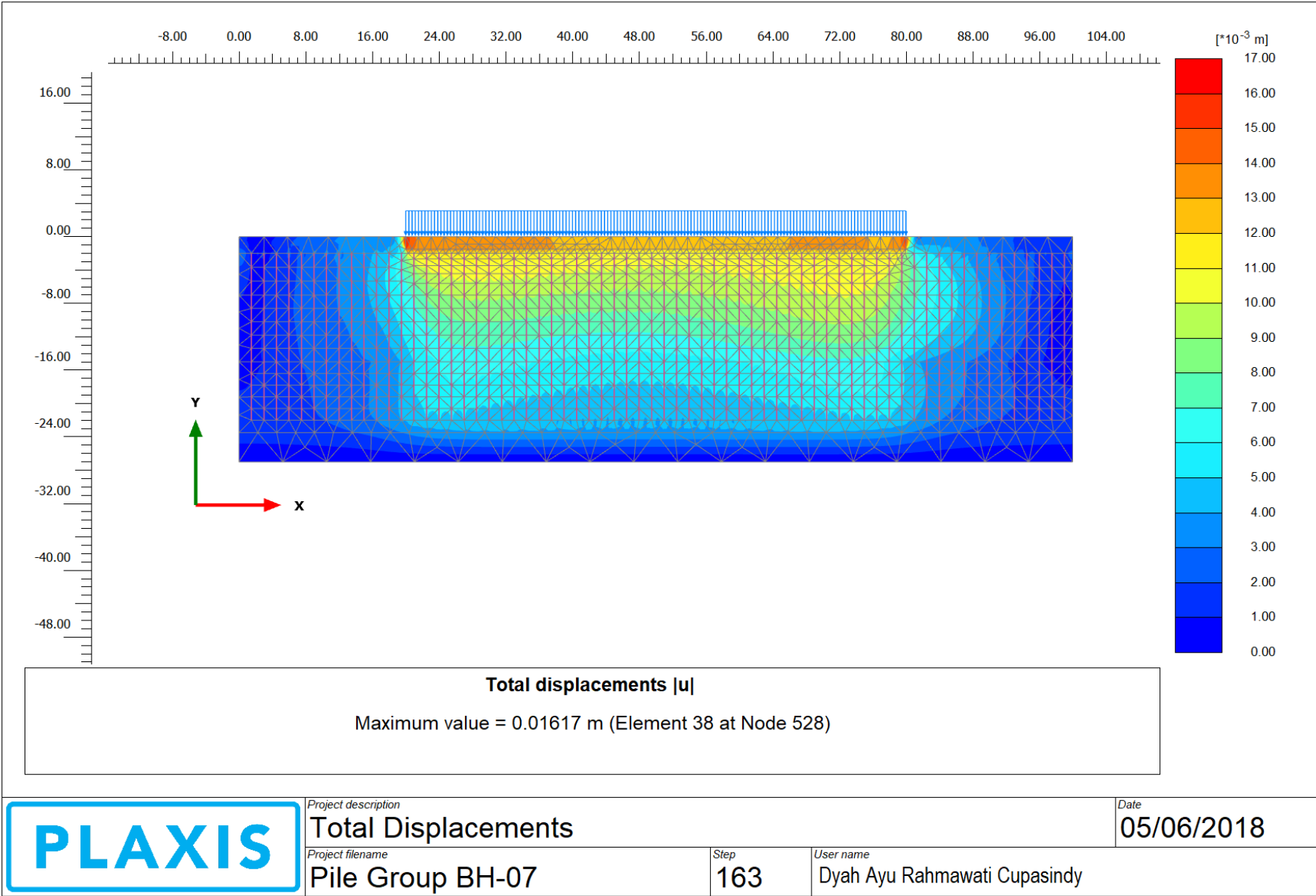
Pmax

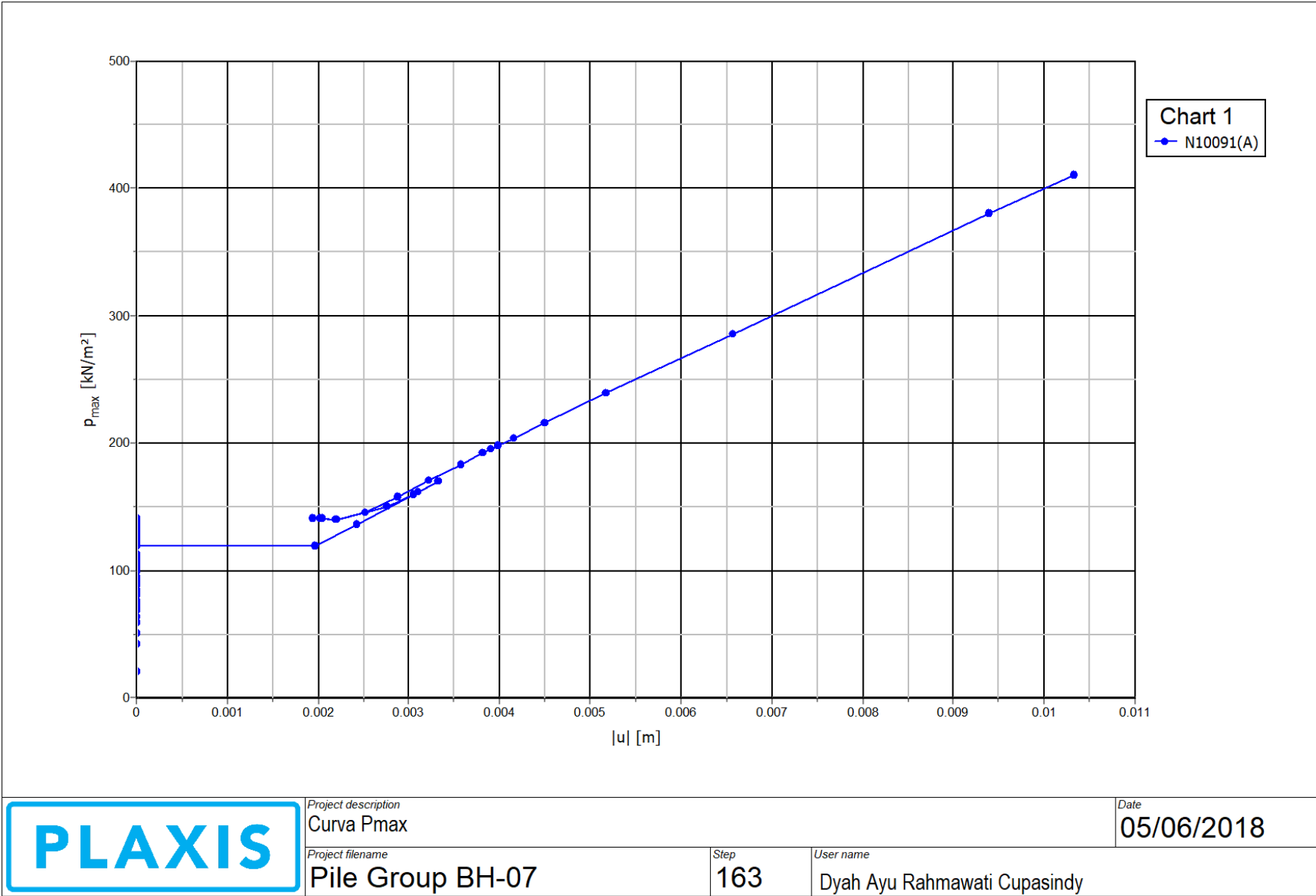


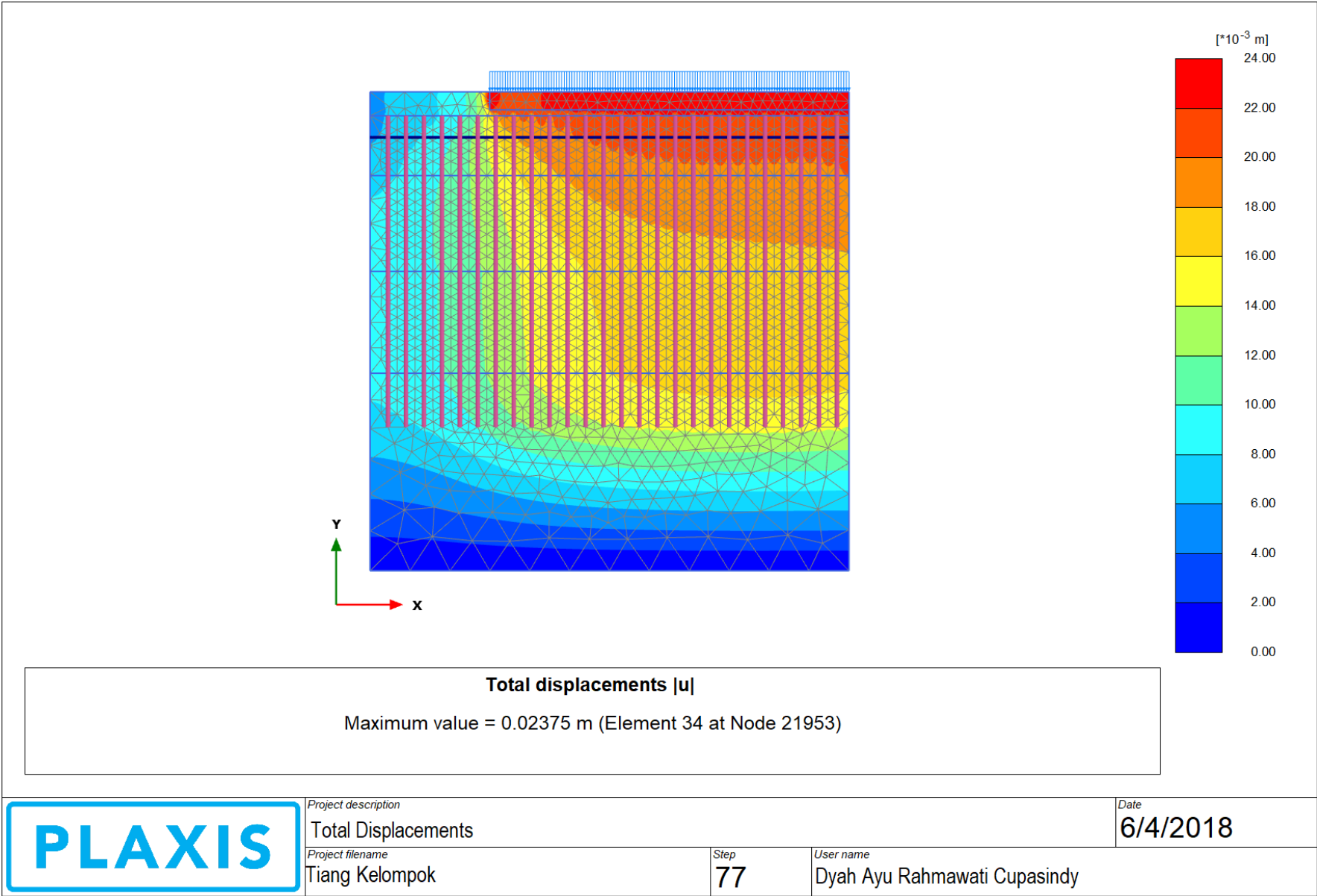


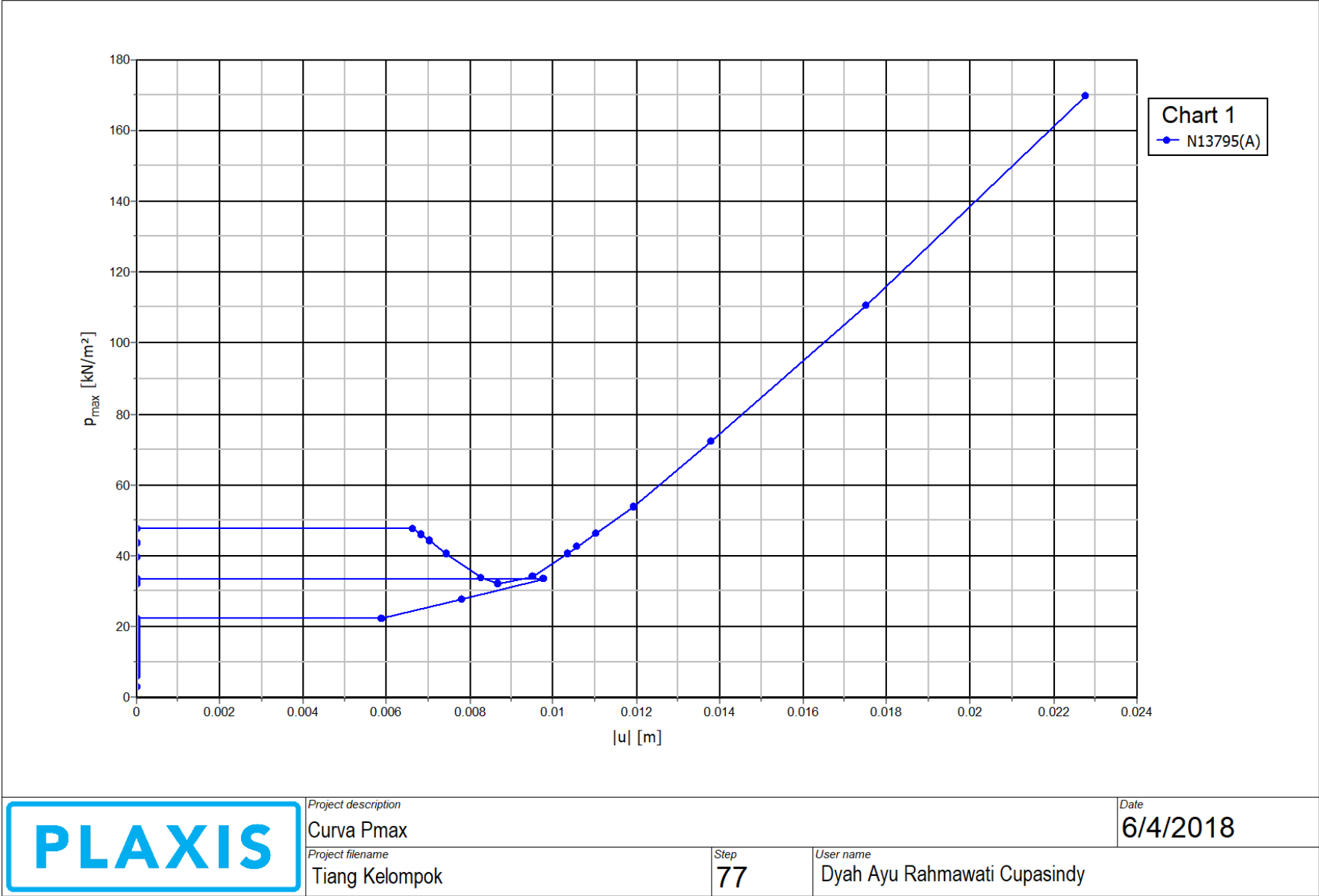


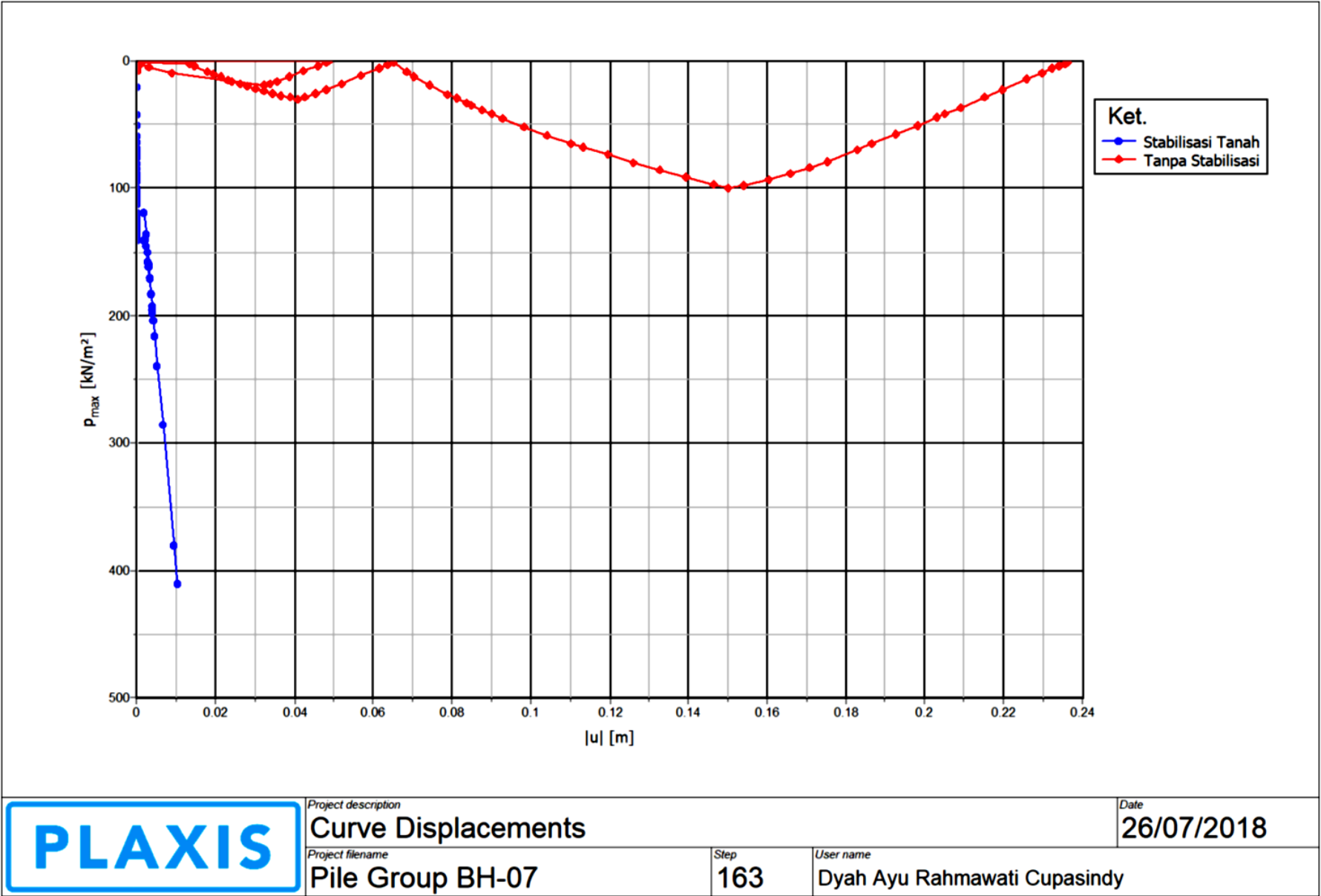


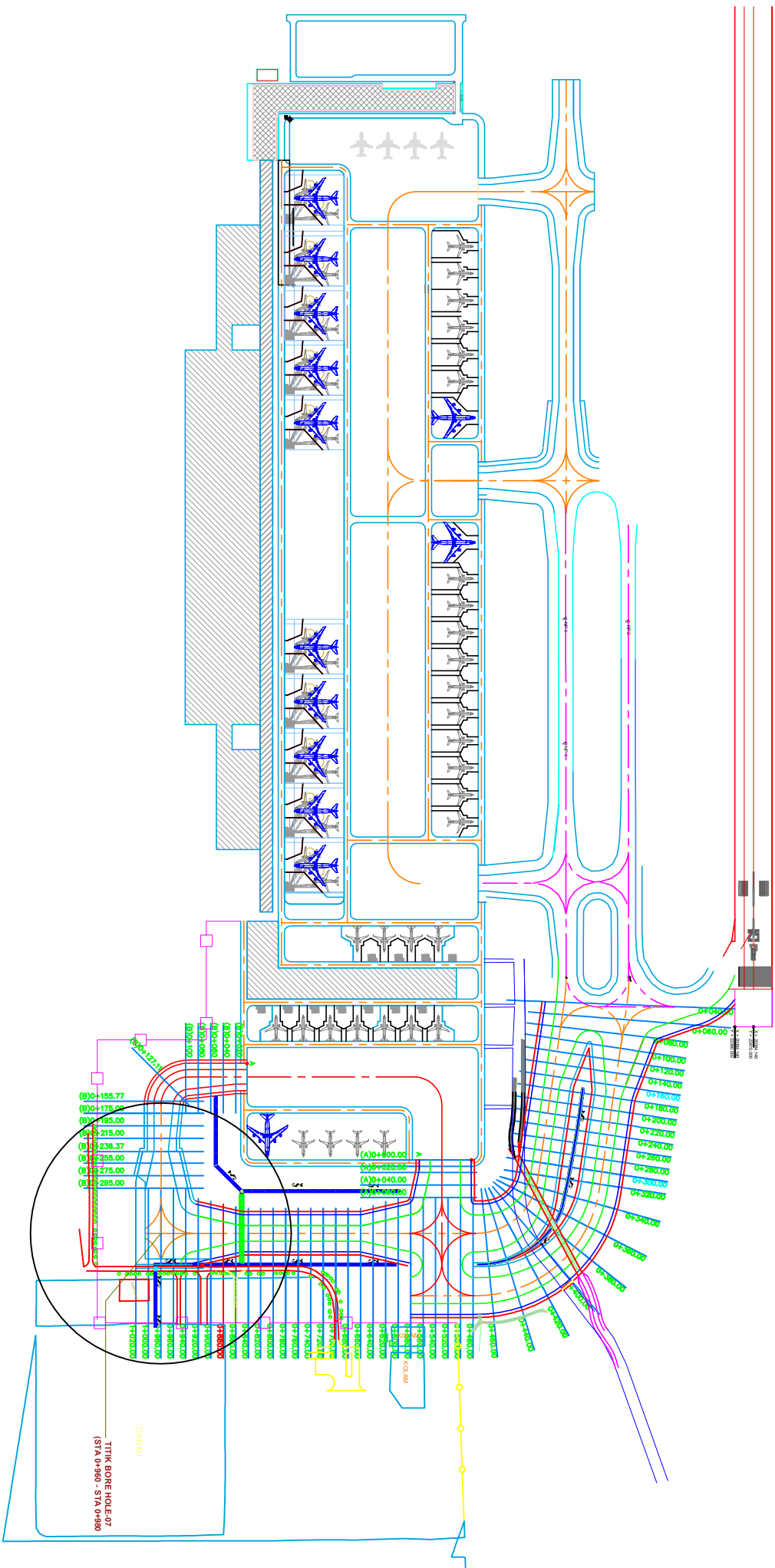






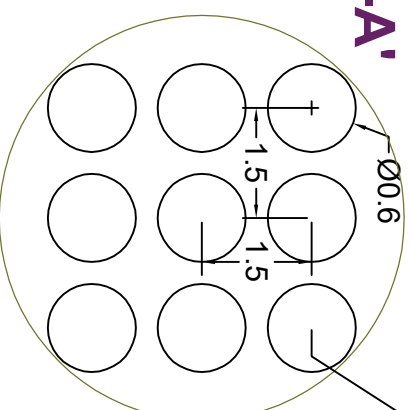
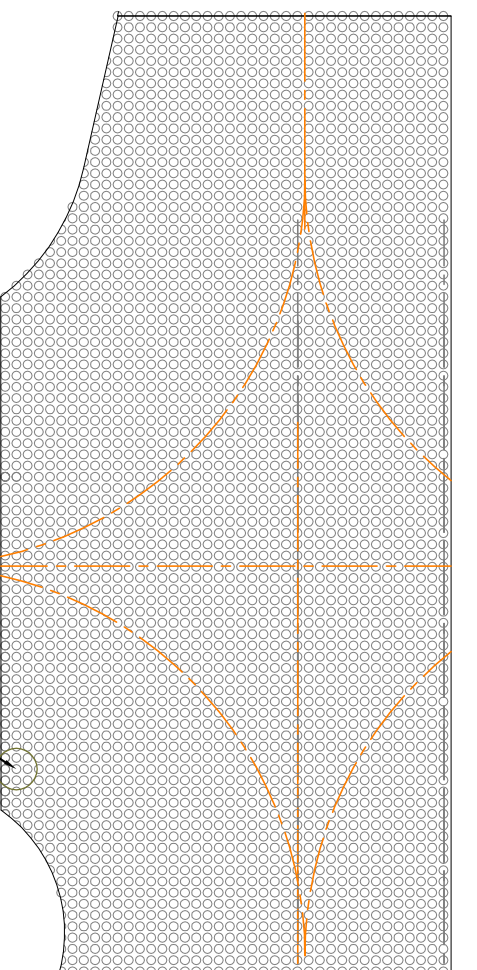
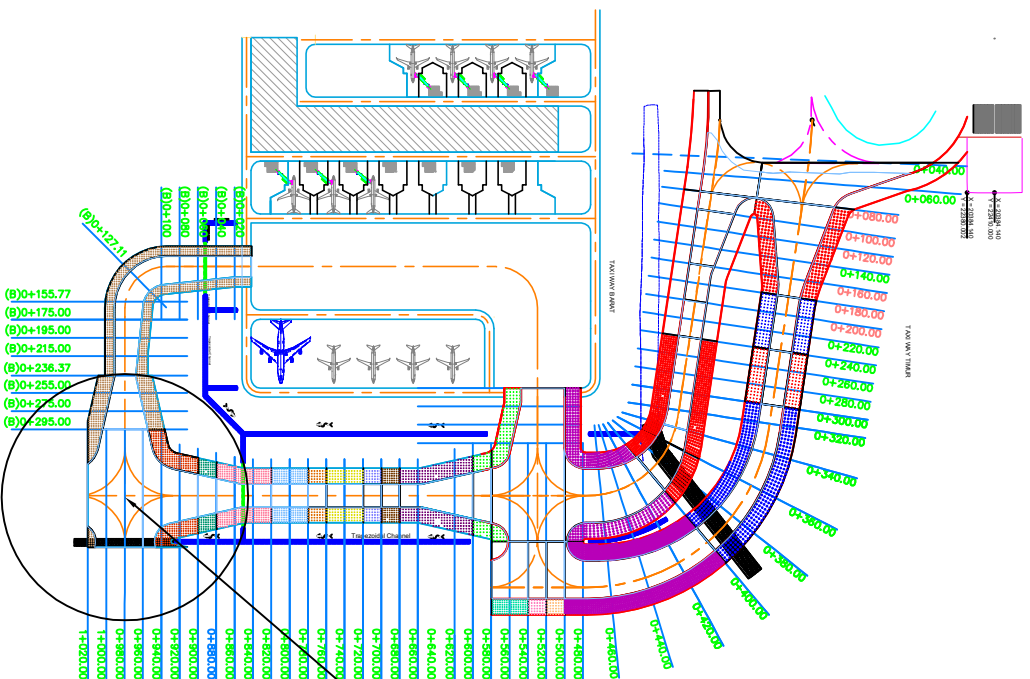




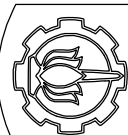


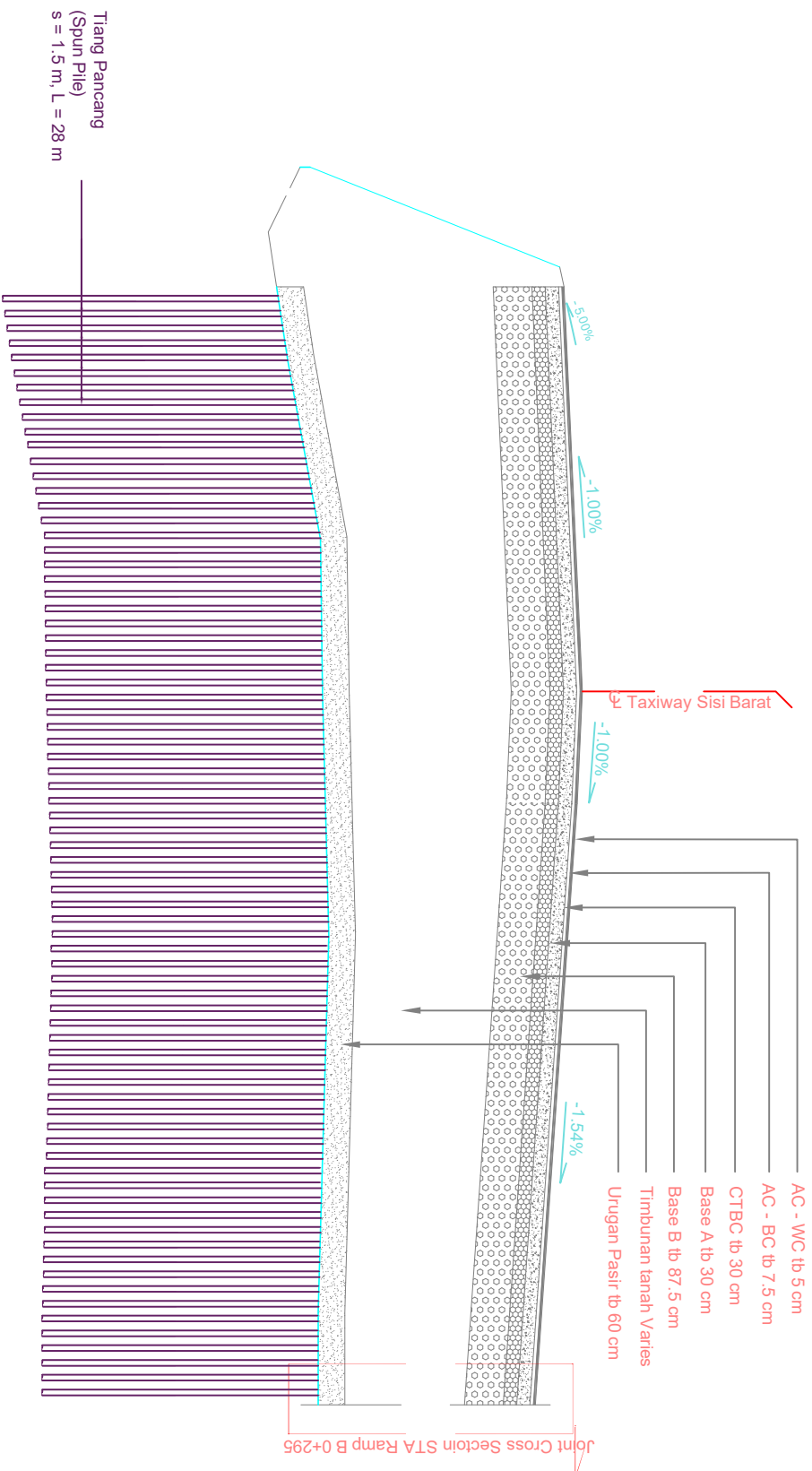
<div data-bbox="76 174 288 318" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="92 331 210 555" data-label="Text"> <p>ITS Institut Teknologi Sepuluh Nopember</p> </div>	<div data-bbox="276 761 300 1003" data-label="Text"> <p>TUGAS AKHIR TERAPAN</p> </div>	<div data-bbox="276 1093 300 1303" data-label="Text"> <p>NAMA MAHASISWA</p> </div>	<div data-bbox="276 1415 300 1630" data-label="Text"> <p>DOSEN PEMBIMBING</p> </div>	<div data-bbox="276 1729 300 1899" data-label="Text"> <p>NAMA GAMBAR</p> </div>	<div data-bbox="276 2033 300 2101" data-label="Text"> <p>SKALA</p> </div>
	<div data-bbox="98 728 215 1034" data-label="Text"> <p>STUDI PERBAIKAN TANAH DENGAN METODE INJECTION PILE PADA TAXIWAY BANDARA SOEKARNO-HATTA (STUDI KASUS STA 0+520 - STA 0+540 DAN STA 0+760 - STA 0+780)</p> </div>	<div data-bbox="130 1086 178 1317" data-label="Text"> <p>DYAH AYU RAHMAWATI C. 1011141000091</p> </div>	<div data-bbox="130 1415 178 1630" data-label="Text"> <p>Prof. Dr. Ir. INDARTO, DEA 19501011 198203 1 002</p> </div>	<div data-bbox="215 1713 239 1908" data-label="Text"> <p>LAYOUT RENCANA</p> </div>	<div data-bbox="210 2011 242 2132" data-label="Text"> <p>1 : 100</p> </div>
				<div data-bbox="146 1742 170 1899" data-label="Text"> <p>NO. GAMBAR</p> </div>	<div data-bbox="146 1966 170 2168" data-label="Text"> <p>JUMLAH GAMBAR</p> </div>

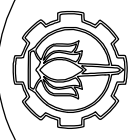




DETAIL A-A'

 <p>Institut Teknologi Sepuluh Nopember</p>	<p>TUGAS AKHIR TERAPAN</p>	<p>NAMA MAHASISWA</p>	<p>DOSEN PEMBIMBING</p>	<p>NAMA GAMBAR</p>	<p>SKALA</p>
<p>STUDI PERBAIKAN TANAH DENGAN MEODE INJECTION PILE PADA TAXIWAY BANDARA SOEKARNO-HATTA (STUDI KASUS STA 0+520 - STA 0+540 DAN STA 0+960 - STA 0+980)</p>	<p>DYAH AYU RAHMAWATI C. 1011141000091</p>	<p>Prof. Dr. Ir. INDARTO, DEA 19501011 198203 1 002</p>	<p>PENEMPATAN TIANG</p>	<p>1 : 100</p>	<p>JUMLAH GAMBAR</p>
			<p>NO. GAMBAR</p>	<p>02</p>	<p>03</p>



<div><div><div>ITS</div><div>Institut Teknologi Sepuluh Nopember</div></div></div>		TUGAS AKHIR TERAPAN	NAMA MAHASISWA	DOSEN PEMBIMBING	NAMA GAMBAR	SKALA
<div>STUDI PERBAIKAN TANAH DENGAN METODE INJECTION PILE PADA TAXIWAY BANDARA SOEKARNO-HATTA (STUDI KASUS STA 0+520 - STA 0+540 DAN STA 0+960 - STA 0+980)</div>			DYAH AYU RAHMAWATI C. 1011141000091	Prof. Dr. Ir. INDARTO, DEA 195010111982031002	CROSS SECTION TAXIWAY	1 : 100
					NO. GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
					03	03



# PT INDULEXCO

ENGINEERING & MANAGEMENT CONSULTING SERVICES

Project : DED Cross Taxiway Timur Bandara Soetta  
 Location : Bandara Soekarno- Hatta  
 Client : PT Angkasa Pura 2  
 Coord. X : 20,7502  
 Coord. Y : 21,4555  
 Elevasi : m

Depth : 40 m  
 Start Date : 18 - 1 - 2013  
 End Date : 21 - 1 - 2013  
 Cor Dia. : Nx, 73 mm  
 Casing Dia. :  
 Driller : Purwanto  
 Logged by :

## BORE LOG

HOLE: BH 7

Water	Depth (m)	Core	Description	Elev. (m)	Shear Strength		Remark	SPT Test					
					C (Kpa)	Φ ( ° )		N - Blows		N	10	20	30
<div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div></div>													

0 to 10 % Trace

10 to 20 % Some

20 to 35 % Adjective

35 to 50 % And



UDS - Shelby Tube



UDS - Piston



UDS - Pitcher



SPT Sample



PMT Test



Disturbed Sample



# PT INDULEXCO

ENGINEERING & MANAGEMENT CONSULTING SERVICES

Project : DED Cross Taxiway Timur Bandara Soetta  
 Location : Bandara Soekarno- Hatta  
 Client : PT Angkasa Pura 2  
 Coord. X : 20,7502  
 Coord. Y : 21,4555  
 Elevasi : 0,00 m

Depth : 40 m  
 Start Date : 18 - 1 - 2013  
 End Date : 21 - 1 - 2013  
 Cor Dia. : Nx, 73 mm  
 Casing Dia. :  
 Driller : Purwanto  
 Logged by :

## BORE LOG

HOLE: BH 7

Water	Depth (m)	Core	Description	Elev. (m)	Shear Strength		Remark	SPT Test				
					C (Kpa)	$\Phi$ (°)		N - Blows			N	10 20 30 40 50 60
	10		LEMPUNG LANAUAN, ABU-ABU, KONSISTENSI SEDANG - TEGUH, PLASTISITAS RENDAH	-10,00				12	14	15	29	
	11			-11,00								
	12			-12,00				18	23	25	48	
	13		LEMPUNG PASIRAN, COKLAT KE-BU-ABUAN, KONSISTENSI AGAK TEGUH - KAKU, PLASTISITAS RENDAH, MENGANDUNG MATERIAL TUF.	-13,00								
	14			-14,00				20	25	26	51	
	15			-15,00								
	16		LEMPUNG PASIRAN, COKLAT KE-BU-ABUAN, KONSISTENSI AGAK TEGUH - KAKU, PLASTISITAS RENDAH, MENGANDUNG MATERIAL TUF.	-16,00				22	25	28	53	
	17			-17,00								
	18			-18,00				20	26	28	54	
	19			-19,00								
	20			-20,00								

0 to 10 % Trace

10 to 20 % Some

20 to 35 % Adjective

35 to 50 % And



UDS - Shelby Tube



UDS - Piston



UDS - Pitcher



SPT Sample



PMT Test



Disturbed Sample

P. 02  
OF 04



# PT INDULEXCO

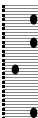










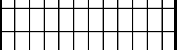
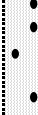





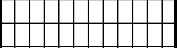



ENGINEERING & MANAGEMENT CONSULTING SERVICES

Project : DED Cross Taxiway Timur Bandara Soetta  
Location : Bandara Soekarno- Hatta  
Client : PT Angkasa Pura 2  
Coord. X : 20,7502  
Coord. Y : 21,4555  
Elevasi : 0,00 m

Depth : 40 m  
Start Date : 18 - 1 - 2013  
End Date : 21 - 1 - 2013  
Cor Dia. : Nx, 73 mm  
Casing Dia. :  
Driller : Purwanto  
Logged by :

## BORE LOG

HOLE: BH 7

Water	Depth (m)	Core	Description	Elev. (m)	Shear Strength		Remark	SPT Test						
					C (Kpa)	Φ ( ° )		N - Blows			N	10	20	30
	20		LEMPUNG PASIRAN, COKLAT KE- BU-ABUAN, KONSISTENSI AGAK TEGUH - KAKU, PLASTISITAS RE- NDAH, MENGANDUNG MATERIAL TUFA.	-20,00				25	28	30	58			
	21			-21,00										
	22		PASIR KERIKILAN, COKLAT KE- ABU-ABUAN, MATERIAL BATU APUNG, KEPADATAN : SEDANG - PADAT, AGAK KERAS	-22,00				20	25	25	50			
	23			-23,00										
	24			-24,00				23	28	30	58			
	25			-25,00										
	26		PASIR KERIKILAN, COKLAT KE- ABU-ABUAN, MATERIAL BATU APUNG, KEPADATAN : SEDANG - PADAT, AGAK KERAS	-26,00				22	25	35	60			
	27			-27,00										
	28			-28,00				28	35	25/12	>60			
	29			-29,00										
	30		PASIR KERIKILAN, COKLAT KE- ABU-ABUAN, MATERIAL BATU APUNG, KEPADATAN : SEDANG - PADAT, AGAK KERAS	-30,00										

0 to 10 % Trace

10 to 20 % Some

20 to 35 % Adjective

35 to 50 % And



UDS - Shelby Tube



UDS - Piston



UDS - Pitcher



SPT Sample



PMT Test



Disturbed Sample

P. 03  
OF 04



# PT INDULEXCO






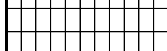
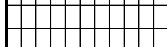


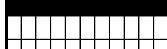
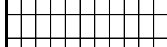






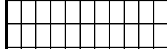
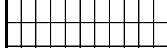
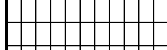
ENGINEERING & MANAGEMENT CONSULTING SERVICES

Project : DED Cross Taxiway Timur Bandara Soetta  
Location : Bandara Soekarno- Hatta  
Client : PT Angkasa Pura 2  
Coord. X : 20,7502  
Coord. Y : 21,4555  
Elevasi : 0,00 m

Depth : 40 m  
Start Date : 18 - 1 -2013  
End Date : 21 - 1 - 2013  
Cor Dia. : Nx, 73 mm  
Casing Dia. :  
Driller : Purwanto  
Logged by :

## BORE LOG

HOLE: BH 7

Water	Depth (m)	Core	Description	Elev. (m)	Shear Strength		Remark	SPT Test										
					C (Kpa)	Φ (°)		N - Blows			N	10	20	30	40	50	60	
	30		PASIR KERIKILAN, COKLAT KE- ABU-ABUAN, MATERIAL BATU APUNG, KEPADATAN : SEDANG - PADAT, AGAK KERAS	-30,00				30	32	28/13	>60							
	31			-31,00														
	32			-32,00								23	38	22/10	>60			
	33	-33,00																
	34		PASIR KERIKILAN, COKLAT KE- ABU-ABUAN, MATERIAL BATU APUNG, KEPADATAN : PADAT,DAN KERAS	-34,00				30	43	17/5	>60							
	35			-35,00														
	36			-36,00								32	46	14/4	>60			
	37	-37,00																
	38		PASIR KERIKILAN, COKLAT KE- ABU-ABUAN, MATERIAL BATU APUNG, KEPADATAN : PADAT,DAN KERAS	-38,00				32	60/13		>60							
	39			-39,00														
	40			-40,00														
																		

0 to 10 % Trace

10 to 20 % Some

20 to 35 % Adjective

35 to 50 % And



UDS - Shelby Tube

UDS - Piston

UDS - Pitcher



SPT Sample

PMT Test

Disturbed Sample

P. 03  
OF 04



# PT INDULEXCO

ENGINEERING & MANAGEMENT CONSULTING SERVICES

Project : DED Cross Taxiway Timur Bandara Soetta  
Location : Bandara Soekarno- Hatta  
Client : PT Angkasa Pura 2  
Coord. X : 20,7501  
Coord. Y : 21,9001  
Elevasi : m

Depth : 40 m  
Start Date : 21 - 1 - 2013  
End Date : 23 - 1 - 2013  
Cor Dia. : Nx, 73 mm  
Casing Dia. :  
Driller : Purwanto  
Logged by :

## BORE LOG

HOLE: BH 8

Water	Depth (m)	Core	Description	Elev. (m)	Shear Strength		Remark	SPT Test																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
					C (Kpa)	Φ (°)		N - Blows		N	10	20	30	40	50	60																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
<div><div></div><div></div></div>	0	<div><div></div><div></div></div>	LEMPUNG LANAUAN, COKLAT KEABU-ABUAN, KONSISTENSI SEDANG - TEGUH, PLASTISITAS RENDAH.	0,00																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						

0 to 10 % Trace

10 to 20 % Some

20 to 35 % Adjective

35 to 50 % And



UDS - Shelby Tube



UDS - Piston



UDS - Pitcher



SPT Sample



PMT Test



Disturbed Sample



# PT INDULEXCO

ENGINEERING & MANAGEMENT CONSULTING SERVICES

Project : DED Cross Taxiway Timur Bandara Soetta  
 Location : Bandara Soekarno- Hatta  
 Client : PT Angkasa Pura 2  
 Coord. X : 20,7501  
 Coord. Y : 21,9001  
 Elevasi : 0,00 m

Depth : 40 m  
 Start Date : 21 - 1 - 2013  
 End Date : 23 - 1 - 2013  
 Cor Dia. : Nx, 73 mm  
 Casing Dia. :  
 Driller : Purwanto  
 Logged by :

## BORE LOG

HOLE: BH 8

Water	Depth (m)	Core	Description	Elev. (m)	Shear Strength		Remark	SPT Test										
					C (Kpa)	Φ (°)		N - Blows			N	10	20	30	40	50	60	
	10		LEMPUNG LANAUAN, COKLAT KEABU-ABUAN, KONSISTENSI SEDANG - TEGUH, PLASTISITAS RENDAH.	-10,00				12	10	12	22							
	11			-11,00														
	12			-12,00				6	7	8	15							
	13			-13,00														
	14		LEMPUNG LANAUAN, COKLAT KEABU-ABUAN, KONSISTENSI SEDANG - TEGUH, PLASTISITAS RENDAH.	-14,00				8	12	13	25							
	15			-15,00														
	16			-16,00				8	11	12	23							
	17			-17,00														
	18		LEMPUNG PASIRAN, COKLAT KEABU-ABUAN, KONSISTENSI AGAK TEGUH - KAKU, PLASTISITAS RENDAH, MENGANDUNG MATERIAL TUF.	-18,00				10	13	15	28							
	19			-19,00														
	20			-20,00														

0 to 10 % Trace

10 to 20 % Some

20 to 35 % Adjective

35 to 50 % And



UDS - Shelby Tube



UDS - Piston



UDS - Pitcher



SPT Sample



PMT Test



Disturbed Sample

P. 02  
OF 03





# PT INDULEXCO

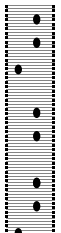

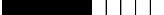


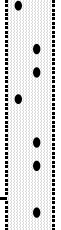

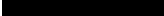
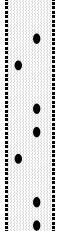

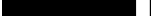

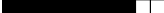
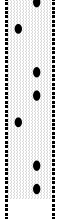
ENGINEERING & MANAGEMENT CONSULTING SERVICES

Project : DED Cross Taxiway Timur Bandara Soetta  
 Location : Bandara Soekarno- Hatta  
 Client : PT Angkasa Pura 2  
 Coord. X : 20,7501  
 Coord. Y : 21,9001  
 Elevasi : 0,00 m

Depth : 40 m  
 Start Date : 21 - 1 - 2013  
 End Date : 23 - 1 - 2013  
 Cor Dia. : Nx, 73 mm  
 Casing Dia. :  
 Driller : Purwanto  
 Logged by :

## BORE LOG

HOLE: BH 8

Water	Depth (m)	Core	Description	Elev. (m)	Shear Strength		Remark	SPT Test										
					C (Kpa)	Φ ( ° )		N - Blows			N	10	20	30	40	50	60	
	20		LEMPUNG PASIRAN, COKLAT KE- BU-ABUAN, KONSISTENSI AGAK TEGUH - KAKU, PLASTISITAS RE- NDAH, MENGANDUNG MATERIAL TUFA.	-20,00				12	15	16	31							
	21			-21,00														
	22			-22,00				25	26	26	52							
	23		PASIR KERIKILAN, COKLAT KE- ABU-ABUAN, MATERIAL TUFA, KEPADATAN : SEDANG - PADAT, AGAK KERAS	-23,00														
	24			-24,00		24	26	30	56									
	25			-25,00														
	26		PASIR KERIKILAN, COKLAT KE- ABU-ABUAN, MATERIAL TUFA, KEPADATAN : SEDANG - PADAT, AGAK KERAS	-26,00				20	22	23	45							
	27			-27,00														
	28			-28,00		22	22	24	46									
	29		PASIR KERIKILAN, COKLAT KE- ABU-ABUAN, MATERIAL TUFA, KEPADATAN : SEDANG - PADAT, AGAK KERAS	-29,00														
	30			-30,00														

0 to 10 % Trace

10 to 20 % Some

20 to 35 % Adjective

35 to 50 % And



UDS - Shelby Tube



UDS - Piston



UDS - Pitcher



SPT Sample



PMT Test



Disturbed Sample



# PT INDULEXCO

ENGINEERING & MANAGEMENT CONSULTING SERVICES

Project : DED Cross Taxiway Timur Bandara Soetta  
Location : Bandara Soekarno- Hatta  
Client : PT Angkasa Pura 2  
Coord. X : 20,7501  
Coord. Y : 21,9001  
Elevasi : 0,00 m

Depth : 40 m  
Start Date : 21 - 1 -2013  
End Date : 23 - 1 - 2013  
Cor Dia. : Nx, 73 mm  
Casing Dia. :  
Driller : Purwanto  
Logged by :

## BORE LOG

HOLE: BH 8

Water	Depth (m)	Core	Description	Elev. (m)	Shear Strength		Remark	SPT Test				
					C (Kpa)	$\Phi$ (°)		N - Blows			N	10 20 30 40 50 60
	30		PASIR KERIKILAN, COKLAT KE-ABU-ABUAN, MATERIAL TUF, KEPADATAN : SEDANG - PADAT, AGAK KERAS	-30,00				28	30	30/11	>60	
	31			-31,00								
	32			-32,00				28	36	24/11	>60	
	33			-33,00								
	34		PASIR KERIKILAN, COKLAT KE-ABU-ABUAN, MATERIAL TUF, KEPADATAN : SEDANG - PADAT, AGAK KERAS	-34,00				35	41	19/5	>60	
	35			-35,00								
	36			-36,00				29	43	17/6	>60	
	37			-37,00								
	38		PASIR KERIKILAN, COKLAT KE-ABU-ABUAN, MATERIAL TUF, KEPADATAN : SEDANG - PADAT, AGAK KERAS	-38,00				33	60/13		>60	
	39			-39,00								
	40			-40,00								

0 to 10 % Trace  
10 to 20 % Some  
20 to 35 % Adjective  
35 to 50 % And

UDS - Shelby Tube  
 UDS - Piston  
 UDS - Pitcher

SPT Sample  
 PMT Test  
 Disturbed Sample